только ФИЗИКА, только ХАРДКОР!

чердак

Науки делятся на две группы — физику и собирание марок.

ДМИТРИЙ ПОБЕДИНСКИЙ

SHOUT
SHARE
IT

Annotation

Знаете ли вы, что такое время? А как придумали теорию струн? Какой химический элемент – самый большой в мире? А вот Дмитрий Побединский, физик, популярный видеоблогер и постоянный автор «Чердака», знает – и может рассказать!

Существуют ли параллельные вселенные?

Можно ли создать настоящий световой меч?

Что почувствует искусственный интеллект при первом поцелуе?

Как устроена черная дыра?

На эти и другие вопросы, которые любого из нас способны поставить в тупик, отвечает Дмитрий – легко и доступно для каждого из нас.

«Чердак: наука, технологии, будущее» – научно-образовательный проект крупнейшего российского информационного агентства ТАСС. Для 100 000 своих читателей команда «Чердака» каждый день пишет о науке – российской и не только, – а также рассказывает об интересных научно-популярных лекциях, выставках, книгах и кино, показывает опыты и отвечает на научные (и не очень) вопросы об окружающей действительности.

В формате pdf A4 сохранен издательский дизайн.

- Дмитрий Побединский
  -
  - 0. Вступление
  - 1. Человек – венец эволюции!
    - 1.1. Как растут мышцы?
    - 1.2 Мы все немножко дальтоники!
    - 1.3. Почему гелий меняет голос?
    - 1.4. Человек на 90 % состоит из пустоты!
    - 1.5. Почему символ сердца не похож на сердце?
    - 1.6. Почему зеркало меняет левую и правую стороны, а верх и низ – нет?
  - 2. Братья наши меньшие
    - 2.1. Можно ли летать, как птицы?
    - 2.2. Почему насекомые маленькие?
    - 2.3. Почему светятся светлячки?
    - 2.4. Почему животные симметричны?
  - 3. Тайна электричества
    - 3.1. Как убивает ток?
    - 3.2. Что будет, если электричество исчезнет?

- 3.3. Никола Тесла: гений или шарлатан?
- 3.4. Что такое шаровая молния?
- 3.5. Топ-5 заблуждений о молниях

○ 4. Наш дом родной, планета наша
- 4.1. Почему небо голубое?
- 4.2. Как возникает полярное сияние?
- 4.3. Разгон туч перед парадом
- 4.4. Народные приметы о погоде. Миф или правда?
- 4.5. Почему жара так утомительна?
- 4.6. Вся правда об алмазах

○ 5. Космические дали
- 5.1. Как человек погибнет в космосе без скафандра?
- 5.2. Что будет, если гравитация исчезнет?
- 5.3. ТОП-5 способов побыть в невесомости
- 5.4. Что такое черная дыра? Что внутри?
- 5.4.1. Почему черная дыра притягивает свет, если у него нет массы?
- 5.5. Как далеко можно увидеть в телескоп?
- 5.6. Зачем нужен високосный год?
- 5.7. Исследования Плутона (данные на июль 2015)

○ 6. Только физика, только хардкор
- 6.1. Что такое время?
- 6.2. Теория струн для «чайников»
- 6.3. Теория относительности для «чайников»
- 6.4. Левитация. Реальные способы
- 6.5. Можно ли увидеть атомы по отдельности?
- 6.5.1. Как получить атомы размером с грейпфрут?
- 6.6. Что такое бозон Хиггса?
- 6.7. Есть ли ограничение на количество протонов и нейтронов в ядре?
- 6.8. Что такое гравитационные волны
- 6.9. Как именно убивает радиация?

○ 7. Техника
- 7.1. Как обмануть сканер в аэропорту?
- 7.2. Следят ли за нами по GPS?
- 7.3. Как устроено 3D в кинотеатре?
- 7.4. Почему звук электрогитары отличается от обычной?
- 7.5. Что почувствует искусственный интеллект при первом поцелуе?

- 7.6. Как обмануть детектор лжи
- 7.7. Как работает МРТ?
- 7.8. На что способны Apple Watch?

8. Удивительные штучки
- 8.1. Как сделать реальный джедайский меч?
- 8.2. Можно ли путешествовать во времени?
- 8.3. Как стать невидимым?
- 8.4. Вся правда о телепортации
- 8.5. Какова масса мысли?
- 8.6. Параллельные вселенные

Дмитрий Побединский
Чердак. Только физика, только хардкор!

© ИП Тмур А. А., 2016
© chrdk.ru, 2016
© Издательство АСТ, 2016

0. Вступление

Для многих из нас физика – это заунывный школьный предмет, суперсложный и от этого ни разу не понятный. Кажется, что физики – это люди из другого мира, торчащие сутки напролет в лаборатории и исследующие протоны, электроны и прочие фундаментальные частицы.

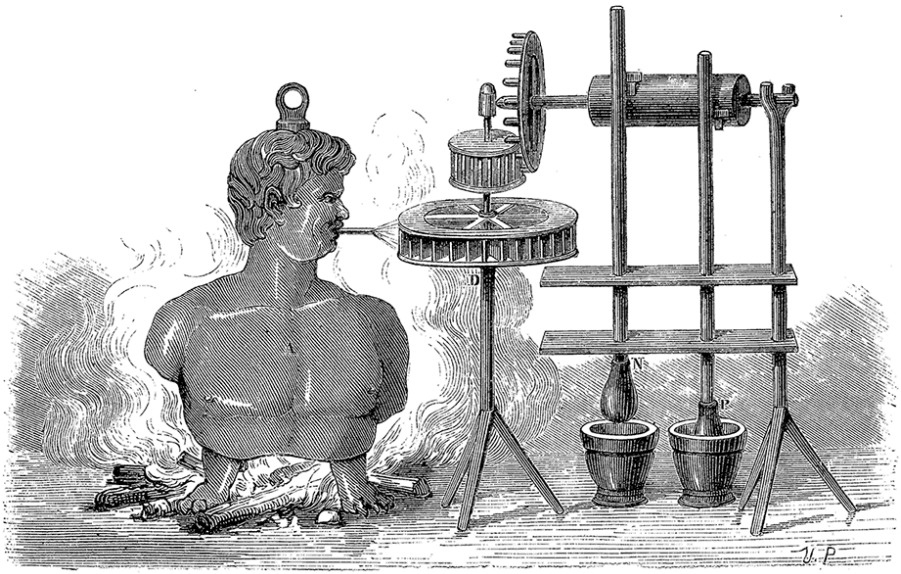
Ну… отчасти это правда, но все не так печально! Ведь есть физики, которые не сидят в лаборатории, а отправляются в экспедиции, ставят опыты на людях, создают инновационные технологии или даже летают в космос! Ведь физика изучает все и вся, и вокруг нас происходит столько интересного, что не хватит и библиотеки, чтобы все перечислить!

Как раз-таки эта книга об этом. О том, что физика – не какая-то удаленная от реальной жизни наука. Она намного ближе к нам, чем кажется! С помощью законов физики можно не только объяснить почему возникают полярные сияния и что внутри черной дыры. Можно также понять, как обмануть сканер в аэропорту или почему гелий меняет голос! Есть очень много интересных вопросов, например, можно ли стать невидимым, как именно убивает радиация, почему животные симметричны, как растут наши мышцы, почему нот именно семь и многое многое другое!

Безусловно, все это описывается с помощью законов физики. И пускай она сложна, книга написана простым языком и будет интересна каждому, даже без какого-либо технического образования. Автор книги, выпускник МФТИ, старается объяснить все простейшим языком, без формул и терминов, однако не теряя при этом научной достоверности повествования. И речь не только о фундаментальных теориях, будь то теория струн или относительности, но и о простых житейских вопросах – почему жара утомительна, как убивает ток, почему насекомые маленькие?

Эта книга – своего рода краткий анонс всего захватывающего, что можно найти вокруг. И порой ответы на возникающие вопросы бывают удивительно простыми! А иногда и вовсе неожиданными! В этой книге привычные нам вещи предстают в совсем другом свете, и рассказывается, насколько удивителен и многогранен мир вокруг нас!

1. Человек – венец эволюции!



1.1. Как растут мышцы?

С течением времени меняются нравы, мода, технологии, политические течения, социальные устои. Однако красивое человеческое тело востребовано всегда. Развитая мускулатура – это инвестиция, которая будет актуальна в любую эпоху. Поэтому мы ходим в спортзал, поднимаем разные тяжести, придерживаемся плана тренировок, правильно питаемся… Если все делать правильно, телосложение меняется. Но вот какие же процессы происходят в организме и позволяют «наращивать мышцу», то есть приводят к тому, что мышцы увеличиваются?

Устройство мышц

Сначала разберемся, как устроены мышцы. Они представляют собой набор длинных волокон, которые состоят из двух типов клеток – миотуб и клеток-спутников. Миотубы – это множество сросшихся клеток, объединенных в одну. Ядра, митохондрии и прочие части клетки оттеснены на периферию, а центральную часть занимают так называемые миофибриллы. Это длинные тонкие эластичные трубочки, которые могут сжиматься, именно они отвечают за сокращение мышц. Клетки-спутники облепляют миотубы со всех сторон и в случае повреждения волокон начинают активно делиться и восстанавливать эти повреждения.

Как видите, объем мышц может увеличиваться двумя путями: либо увеличением количества волокон (гиперплазия), либо увеличением размеров самих волокон (гипертрофия). Так как же этого добиться?

Рост мышц

Мы до сих пор точно не знаем, каким образом растут мышцы. Конечно, известно, что тренировки способствуют этому, но вот детальный механизм увеличения мышц по-прежнему загадка. На этот счет есть только теории, и самая популярная – теория разрушения.

Основная мысль этой теории звучит довольно красиво: согласно ей, ничего строить не нужно! Напротив, мышцу нужно как можно сильнее испортить, и чем больше урон, тем крупнее она станет при дальнейшем самовосстановлении. Сторонники этой теории утверждают, что при высоких нагрузках некоторые

миофибриллы повреждаются (например, из-за трения составляющих их структур друг о друга). В результате клетки-спутники начинают активно делиться и восстанавливать микротравмы миофибрилл. В конечном счете происходит так называемая гиперкомпенсация: восстановленные миотубы становятся больше в поперечном сечении. Это происходит потому, что организм приспосабливается к возрастающим нагрузкам. Кроме того, сам процесс восстановления очень инертен, то есть заканчивается лишь спустя некоторое время после того, как восстановлен нормальный объем.

Есть и другие мнения, например, теория сохранения. Согласно ей микротравмы мышц не являются основной причиной их роста и даже нежелательны. Ведь на их восстановление требуются ресурсы.

Теория сохранения, так же как и теория разрушения, исходит из того, что в процессе тренировок миофибриллы повреждаются. Но это случается далеко не со всеми из них: повреждаются только самые короткие, не параллельные большинству других и в целом ущербные миофибриллы. И именно это является причиной мышечной боли после первых тренировок. При восстановлении они заменяются новыми, более качественными миофибриллами. Уже через два месяца никаких микротравм не происходит, но мышцы продолжают расти. И, согласно этой теории, есть определенные факторы, благоприятствующие росту мышц. А именно:

Первый фактор – наличие аминокислот, то есть кирпичиков, из которых строятся белковые молекулы, а именно из них и состоят мышцы.

Второй фактор – рост концентрации анаболических гормонов, то есть гормонов роста. Он достигается в результате стресса мышц и запускает процесс синтеза миофибрилл в клетке.

Третий фактор – увеличение концентрации креатинина. Это вещество улучшает энергетический обмен в клетках, и мышцы могут работать дольше на критических режимах.

И четвертый фактор – рост концентрации ионов водорода: поры в мембранах увеличиваются и гормоны легче проникают в клетку.

Как видим, обе теории подразумевают, что рост мышц носит приспособительный, адаптивный характер. Только в одной теории процесс роста запускают травмы, а в другой – процесс запускается сам, и травмы там совсем ни к чему. Но, согласно любым теориям, рост мышц происходит не на тренировке, а после нее – при восстановлении. Именно поэтому так важно питание. Оно должно быть богато белками, аминокислотами, которые,

по сути, являются кирпичиками, из которых состоят наши мышцы!

Сложности

Накачать мышцы не составляло бы никакого труда, если бы не множество сложностей.

Помимо процессов анаболизма (то есть роста) в организме непрерывно идут обратные процессы – катаболизма. То есть организм специально немного разрушает некоторые свои ткани, расщепляет их на более простые составляющие. Делает он это для того, чтобы в случае экстренной ситуации можно было из этих составляющих быстро восполнить силы или восстановить поврежденные ткани. Под раздачу попадают и мышцы: белки расщепляются на аминокислоты. Таким же образом накапливается жир.

Катаболизм усиливается при стрессе, нерегулярном питании, нехватке питательных веществ. Поэтому когда спортсмен набирает массу, он должен исключить все эти факторы, иначе, по-простому говоря, организм будет есть сам себя. И все спортивное питание нацелено на то, чтобы подавить реакции катаболизма: в нем большое количество аминокислот и прочих строительных кирпичиков тела.

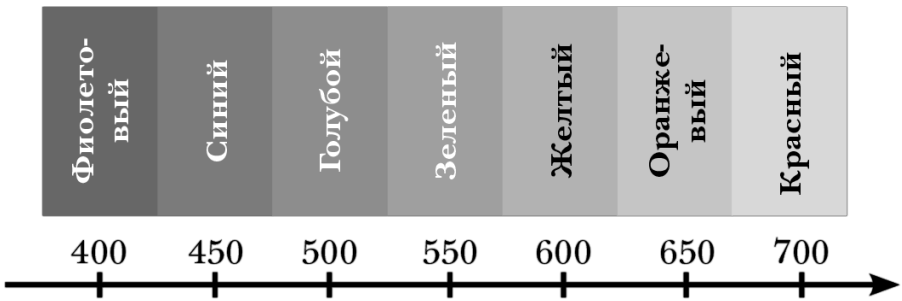
Ну и конечно, имеет значение генетика. Зачастую она служит оправданием для лентяев, но на самом деле это не пустой звук. Мышечная ткань бывает двух типов. Условно она называется красной и белой. Красные мышечные волокна активно снабжаются кровью, используют много кислорода, больше приспособлены к непрерывным монотонным нагрузкам, а главное – не склонны к сильному росту. Белые мышечные волокна, наоборот, скуднее снабжаются кровью и кислородом, способны к большим усилиям, но на непродолжительное время, и при тренировках сильно увеличиваются в размерах.

Соотношение белых и красных волокон у человека определяется генетически, и в процессе тренировок это соотношение может поменяться не более чем на 10 %. Так что если у вас 80 % красных волокон, тяжелым и мускулистым бодибилдером вам не стать. Однако это не повод сидеть на диване, ведь и в этом случае можно добиться красивого и гармоничного телосложения.

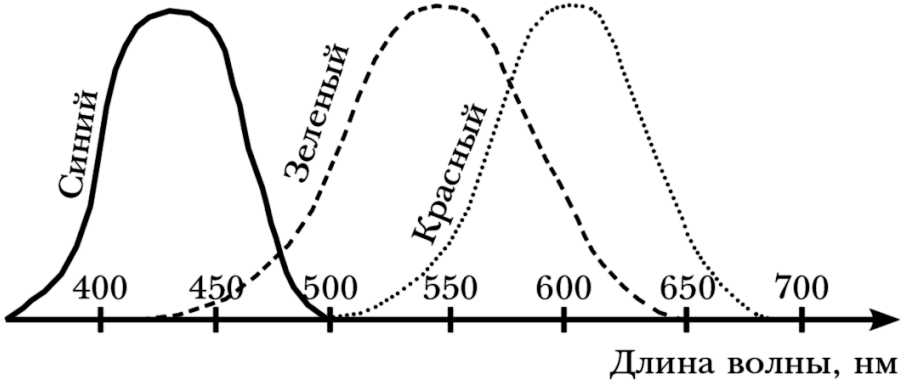
1.2 Мы все немножко дальтоники!

Вы когда-нибудь задумывались, как видят мир дальтоники?

На самом деле, мы все немного дальтоники. Давайте разберемся. Для начала вспомним, что цвет – это электромагнитная волна и каждому цвету соответствует определенная частота и длина волны. И разбиение по длинным волнам мы можем увидеть, когда свет проходит через призму или мы наблюдаем радугу. Если перед нами красное яблоко, то волны, соответствующие красному цвету, отражаются от него, попадают нам в глаза и воспринимаются нашими светочувствительными клетками.



Но, оказывается, человеческий глаз не способен воспринимать все цвета радуги. В глазах человека есть три типа светочувствительных клеток, которые ответственны за восприятие красного, зеленого и синего цветов. Например, лампу синего цвета видят клетки, которые воспринимают синий цвет. Но что делать с промежуточными цветами, например, с голубым? Оказывается, светочувствительные клетки восприимчивы к некоему диапазону вокруг их основного цвета. Соответственно, когда мы видим, например, предмет голубого цвета, работают как зеленые, так и синие клетки. Они передают эту информацию мозгу, и он понимает, что это что-то промежуточное между зеленым и синим.



Длина волны, нм *Чувствительность человеческого глаза к цвету*

Так как все-таки видят дальтоники? В большинстве случаев дальтонизм – это генетическое заболевание, из-за которого у людей отсутствуют клетки, восприимчивые к красному цвету. Поэтому дальтоники очень плохо различают оттенки красного цвета и видят их немного желтоватыми. И это не такая уж редкость: по статистике двое из ста человек больны дальтонизмом. Однако они к этому привыкают, и это не особо мешает им жить. Ну разве что на светофорах. И в общем-то, у всех людей со временем чувствительность к цветам ослабевает, поэтому с возрастом мы становимся немножечко дальтониками. Совсем чуть-чуть.

Но все мы немного дальтоники совсем не из-за этого. Оказывается, три вида светочувствительных клеток – это норма только лишь для человека. У других живых существ все совсем по-другому. Собаки, кошки, лошади, носороги, жирафы, слоны – короче, все млекопитающие, кроме высших приматов, имеют только два вида светочувствительных клеток, и поэтому они не видят красный цвет. Как и все дальтоники. Кстати быки на корриде реагируют больше не на красный цвет плаща матадора, а на его движения. Что касается птиц, то почти все они имеют четыре вида светочувствительных клеток, поэтому их цветовое восприятие намного лучше, чем наше. А вот, к примеру, у пчел три вида светочувствительных клеток, как и у нас, при этом одни из них находятся в ультрафиолетовом диапазоне. Когда пчелы вылетают собирать нектар с цветов, они их видят намного более ярко и красочно, нежели мы. А у некоторых бабочек целых пять видов светочувствительных клеток. Поэтому их цветовое восприятие еще лучше.

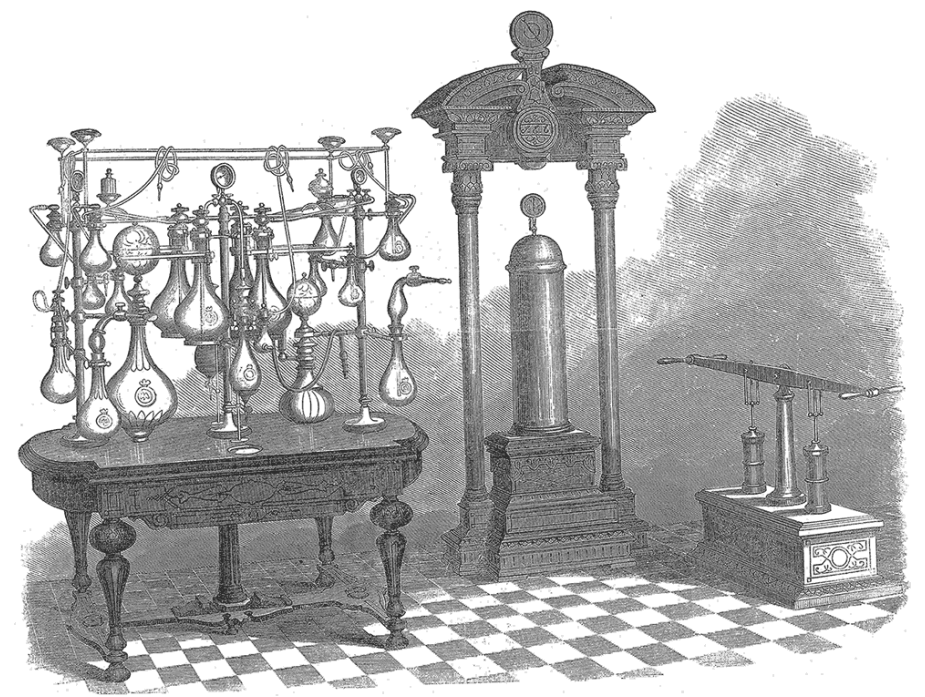
Интересно, а кто же является лидером по цветовому восприятию? Есть такие милые морские существа – креветки-

богомолы.

У них восемь видов светочувствительных клеток. Поэтому там, где мы видим обычную радугу, они видят просто термоядерный взрыв красок и оттенков. Это свирепые охотники, и такое зрение помогает им найти добычу на фоне ярких коралловых рифов.

Так что по сравнению с другими животными мы ой какие дальтоники. И на самом деле люди давно уже используют только три цвета для того, чтобы обмануть свой взгляд. Например, художникам достаточно только трех красок для того, чтобы при смешении получить другой цвет.

Или, например, мониторы телевизоров или компьютеров. Они состоят из трех типов пикселей: красных, зеленых и синих, и нам кажется, что из этих цветов можно получить любой цвет. Но если на наш монитор посмотрит креветка-богомол, она сделает вот так: «Пфф, что за ерунда?»



1.3. Почему гелий меняет голос?

Гелий – это газ из восьмой группы периодической таблицы Менделеева. Почему гелий так сильно меняет голос? Мало того, что голос становится более высоким, так он еще оказывается более искаженным и как будто бы игрушечным.

На этот счет существует очень много версий: повышается частота колебаний голосовых связок; гелий более легкий, поэтому выходит быстрее; гелий меняет химический состав голосовых связок. Но нет, на самом деле все по-другому.

Вспомним о том, что звук – это волна. И у нее есть частота ν, длина λ и скорость распространения V. Эти три параметра связаны очень важным соотношением, которое еще нам пригодится:

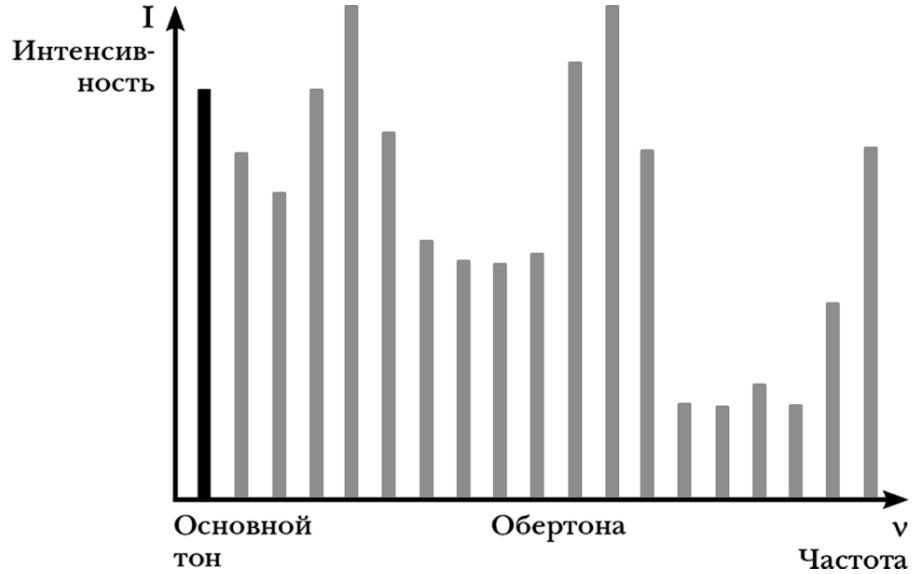
$$\nu \times \lambda = V$$

Звуковые волны могут распространяться достаточно далеко. И длина волны означает лишь ее масштабы. Звуковые волны могут быть очень большими, а могут быть очень маленькими. Но частоте соответствует высота, тон, нота, на которой мы слышим звук.

Для начала давайте разберемся, как в таком маленьком пространстве получается достаточно громкий человеческий голос? При выдохе, из-за набегающего потока воздуха, голосовые связки начинают вибрировать и издавать звук. Причем он настолько тихий, что мы его даже не слышим. И дело вот в чем: оказывается, при таких колебаниях помимо основной частоты возникают дополнительные, так называемые обертона. Их частота в 2–3 раза и более больше, чем основная. То же самое происходит при колебаниях струны, там тоже возникают дополнительные частоты. Благодаря колебаниям голосовых связок воздух в легких, в гортани, в ротовой полости тоже начинает колебаться. Это называется резонанс.

Резонанс – это резкое возрастание амплитуды колебаний при совпадениях частоты вынуждающей силы и собственной частоты резонатора. Обратите внимание, практически у каждого музыкального инструмента есть резонатор, колебание воздуха в котором увеличивает громкость звучания. Резонанс происходит не на всех частотах, а на вполне определенных, с конкретной длиной волны. И вот уже эта длина волны непосредственно зависит от размеров и формы резонатора. Именно эти волны являются самыми громкими, а остальных мы практически

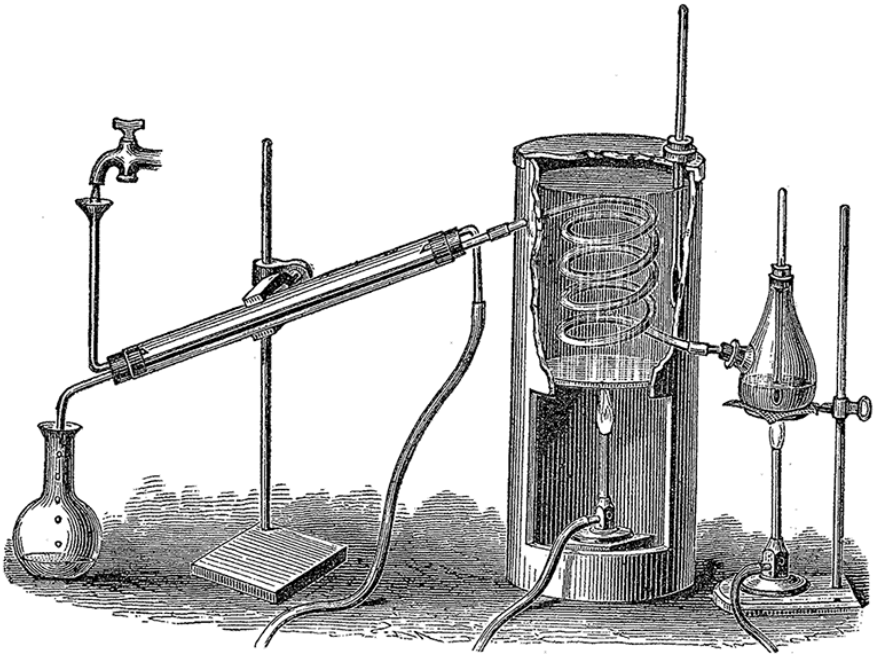
не слышим. А в любом человеческом голосе присутствуют 4–5 длин волн, на которых происходит резонанс. У всех они, конечно, разные, поэтому каждая имеет свой окрас голоса, так называемый тембр.



Ну и теперь главное: что все-таки делает гелий с нашим голосом? Да, он легче, да, у него меньше плотность, но он не заставляет наши связки колебаться с более высокой частотой. У гелия очень маленькая молярная масса, она в 7 раз меньше, чем у воздуха. Вследствие этого скорость звука в нем практически в 3 раза больше, чем в воздухе. Но резонанс происходит на тех же длинах волн, потому что размеры резонатора не поменялись. Поэтому, если мы посмотрим на соотношение величин, то увидим, что при увеличении скорости звука должна увеличиваться частота волн.

Вот и получается, что все резонансные частоты увеличиваются, и из-за этого, во-первых, повышается тон голоса, а во-вторых, он становится не настоящим, а искусственным, потому что от их положения зависит тембр голоса. Ну, а при переходе из гелия в воздух скорость звука уменьшается, но теперь меняется длина волны, а частота остается неизменной. Именно поэтому мы слышим все тот же высокий звук. И, конечно же, можно достичь обратного эффекта – понижения голоса. Для этого нужен газ с большой молярной массой, например, гексафторид серы (элегаз). Голос становится мистическим и устрашающим. Поэтому я советую его использовать, если вы хотите кого-то напугать ночью, когда он

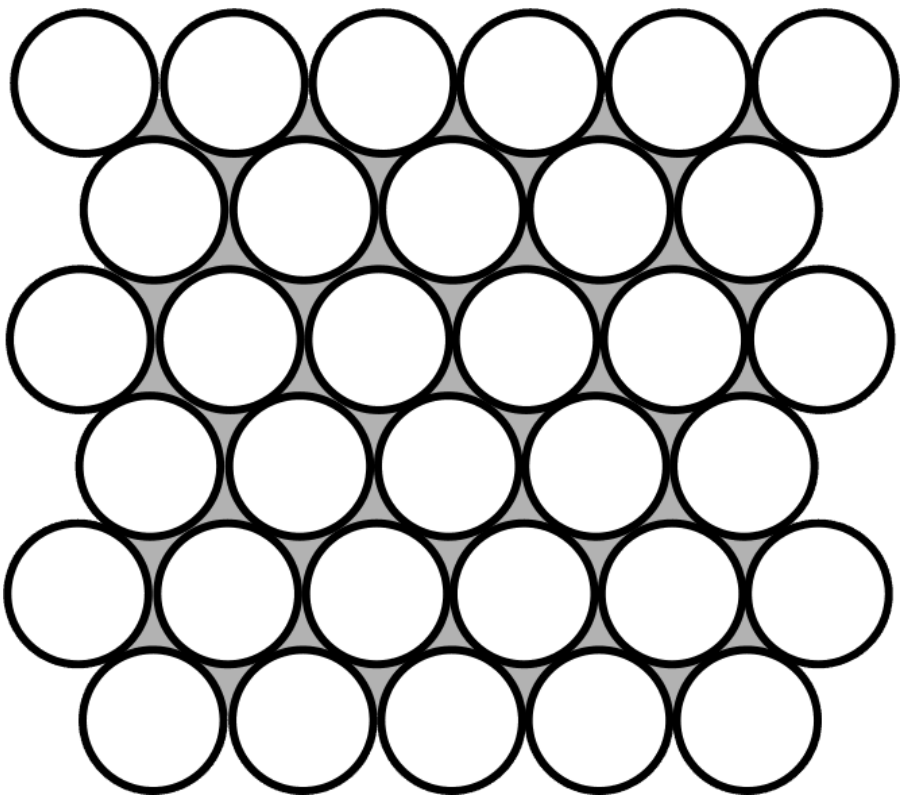
вас не видит.



1.4. Человек на 90 % состоит из пустоты!

Из чего состоит человек? Конечно, он состоит из молекул, атомов, протонов, нейтронов, электронов, кварков. Но эти объекты скомпонованы не вплотную друг к другу и между ними есть какое-то пространство. Давайте посчитаем, сколько процентов от объема человека занимают эти пустоты.

Для упрощения будем считать, что все атомы в человеке являются шариками. Тогда, если мы будем выкладывать их слой за слоем, мы можем добиться достаточно плотной, так называемой гранецентрированной кубической упаковки шаров. В таком случае шары заполняют чуть больше, чем 74 % пространства, а остальные почти 26 % ничем не заполнены. Доказано, что это одна из самых плотных упаковок, поэтому даже в теории человек не может полностью состоять из вещества, и в нем обязательно есть пустота.



Но скорее всего, в человеке атомы не так плотно упакованы, а может быть, даже перекрываются. Поэтому давайте посчитаем

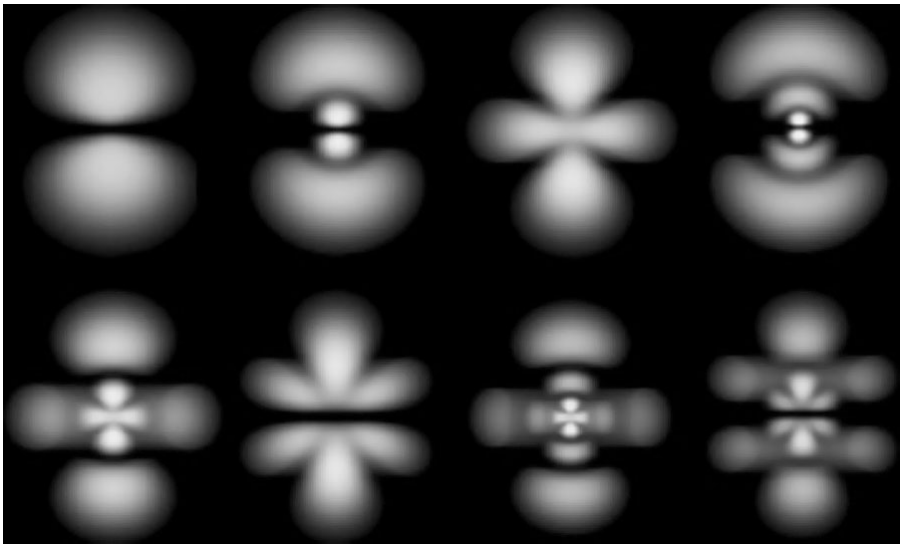
по-другому. Мы достаточно точно знаем химический состав человека: это кислород, углерод, водород и т. д. Зная это, мы можем посчитать количество атомов в теле человека. И если это количество умножить на объем этих атомов, то тогда их суммарный объем будет в 10 раз меньше, чем объем тела человека. Получается, что атомы заполняют только лишь 10 % человека. Только представьте себе! Посмотрите, например, на свои руки: 90 % того, что вы видите, ничем не заполнено.

Но тут возникает несколько вопросов. Во-первых, как атомы могут держаться вместе и не разваливаться, если между ними такие большие расстояния? Конечно, между ними нет никаких палочек, как показывают на картинках в учебнике химии. Атомы действительно висят в пространстве и удерживаются благодаря электростатическим силам притяжения. Это отчасти похоже на неокуб, в котором шарики удерживаются магнитными силами. Только между атомами сила электрическая.

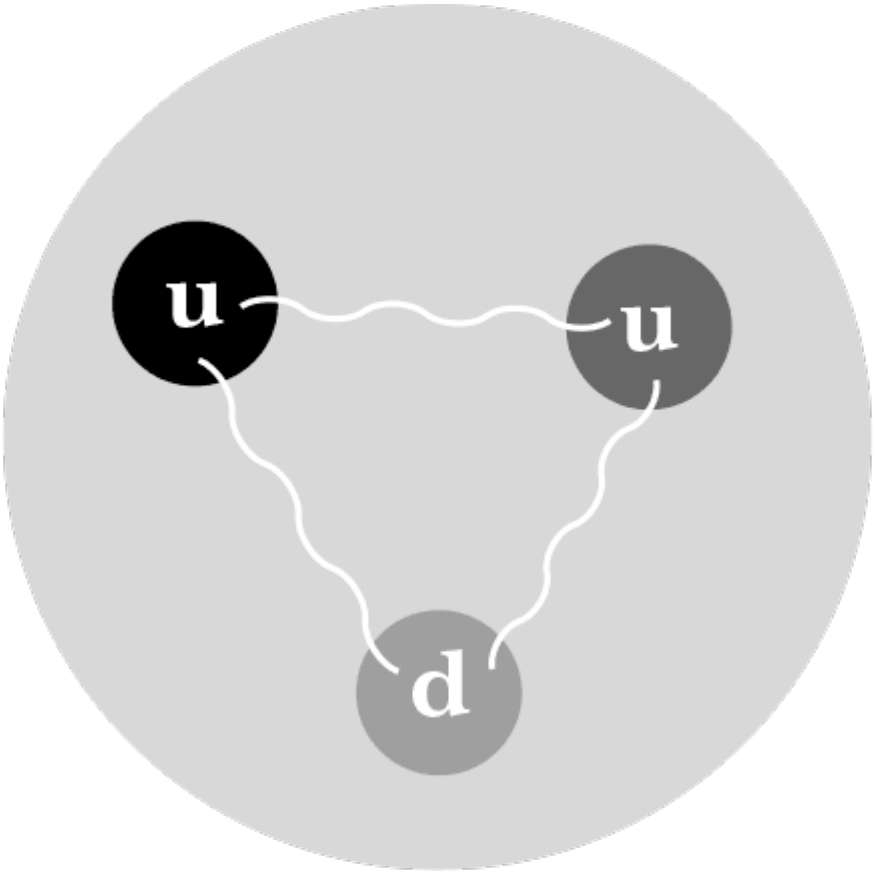
И во-вторых, почему мы не видим промежутки, раз мы настолько пустые? Дело в том, что видимый свет – это электромагнитная волна, размеры которой намного больше, чем расстояние между атомами. В таком случае она не проходит насквозь, а отражается. Но есть электромагнитные волны с маленьким размером – это рентген, гамма-лучи, и вот такие волны могут пронизывать человека насквозь.

Но что происходит внутри атомов? Может быть, там тоже есть пустота? Действительно, атом состоит из ядра, вокруг которого вращаются электроны. И размер ядра в тысячи раз меньше, чем размеры атомов. Если бы оно было размером с яблоко, то сам атом был бы размером со стадион. А электроны – они легкие и маленькие, и, как пылинки, вращаются вокруг ядра. И получается, что атом по большей части пустой.

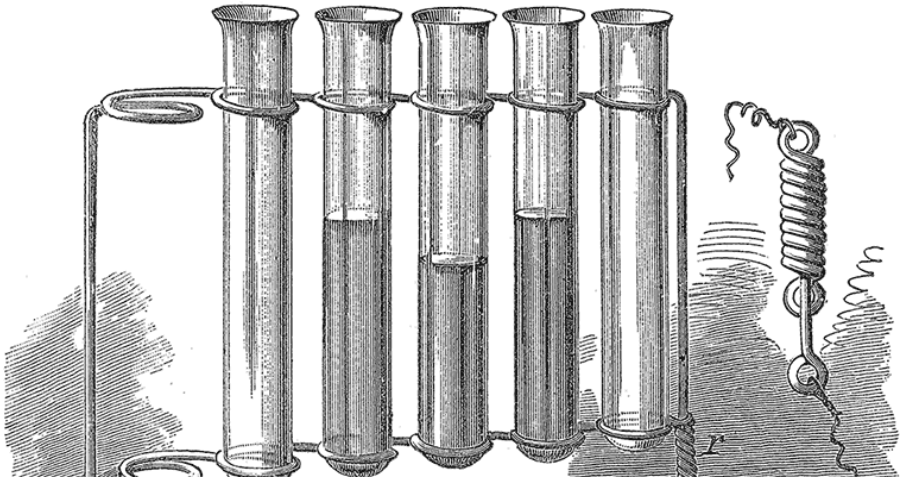
Но и тут не так все просто. Электрон в атоме нельзя представлять как шарик. Это квантовый объект, местоположение которого невозможно определить. Поэтому, по современным представлениям, электрон расплывается по атому и представляет собой некое электронное облако (причем порой самой причудливой формы), которое заполняет пространство вокруг ядра. Можно сказать, что ядро окружено облаком вероятности найти там электрон. Так что можно считать, что в атоме абсолютной пустоты нет.



Осталось рассмотреть только ядро: что происходит внутри него? Ядро состоит из протонов и нейтронов, а вот они, в свою очередь, состоят из кварков. Несмотря на то, что эти частицы очень-очень маленькие, между ними действует колоссальная сила в 150 000 Ньютонов. Это вес 15-тонного груза. Нет, вы только представьте: на 1 протон можно повесить 15 тонн! Но самое необычное вот в чем. Если мы захотим разорвать протон, возьмемся за два кварка и начнем их растягивать, то сила притяжения между ними будет только увеличиваться. Между кварками существует некая струна, которая в какой-то момент разрывается, и из пространства образуются еще два кварка, которые притягиваются к тем, которые у нас в руках. В итоге в одной руке у нас останется протон, а в другой руке будет мезон. Но как бы мы ни старались, у нас не получится сделать так, чтобы в руке остался только один кварк. Это явление называется конфайнмент. Оно означает, что кварки заперты в своих частицах и их вообще никак невозможно разделить.



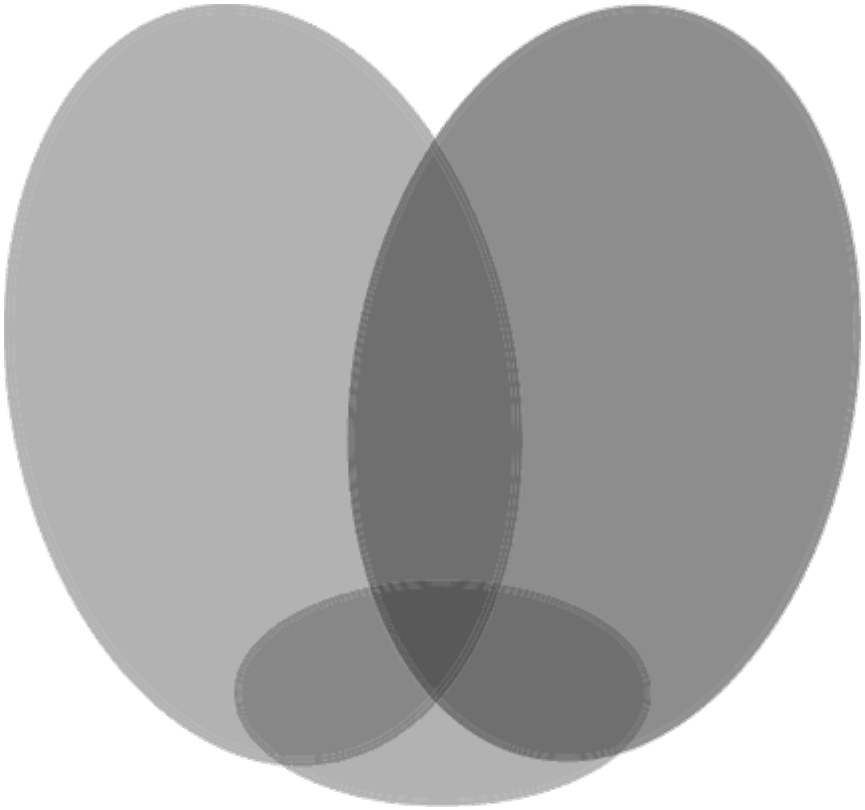
Стоп, а откуда же берутся новые кварки? Из вакуума, что ли? Да, действительно, оказывается, вакуум наполнен виртуальными частицами, которые то рождаются, то исчезают. Это называется нулевыми колебаниями вакуума. И вы только представьте: оказывается, истинной пустоты нигде нет. Все заполнено виртуальными частицами. То есть получается, что на 90 % человек состоит не из пустоты, а из виртуальных частиц.



1.5. Почему символ сердца не похож на сердце?

Любопытно, что символ сердца интернационален: он есть во всех культурах и обозначает одно и то же на всех континентах. Но почему же он так не похож на само сердце?

Согласно историческим источникам, этот символ впервые применяется для обозначения сердца в XIV веке. Это были переломные времена – начало эпохи Возрождения. Люди стали интересоваться устройством человеческого тела, появились анатомические театры, где можно было воочию увидеть внутренние органы. До этого, в Средневековье, существовал запрет на абсолютно любую анатомическую деятельность и господствовало мнение, что сердце по форме напоминает шишку. И даже есть картина, на которой возлюбленный дарит своей избраннице сердце в форме шишки. В эпоху Возрождения появился интерес к античным учениям и трудам философов тех времен. Соответственно анатомическое описание сердца должно было соответствовать канонам того времени. И тут медики почему-то дали слабину и стали обозначать сердце неправильно.



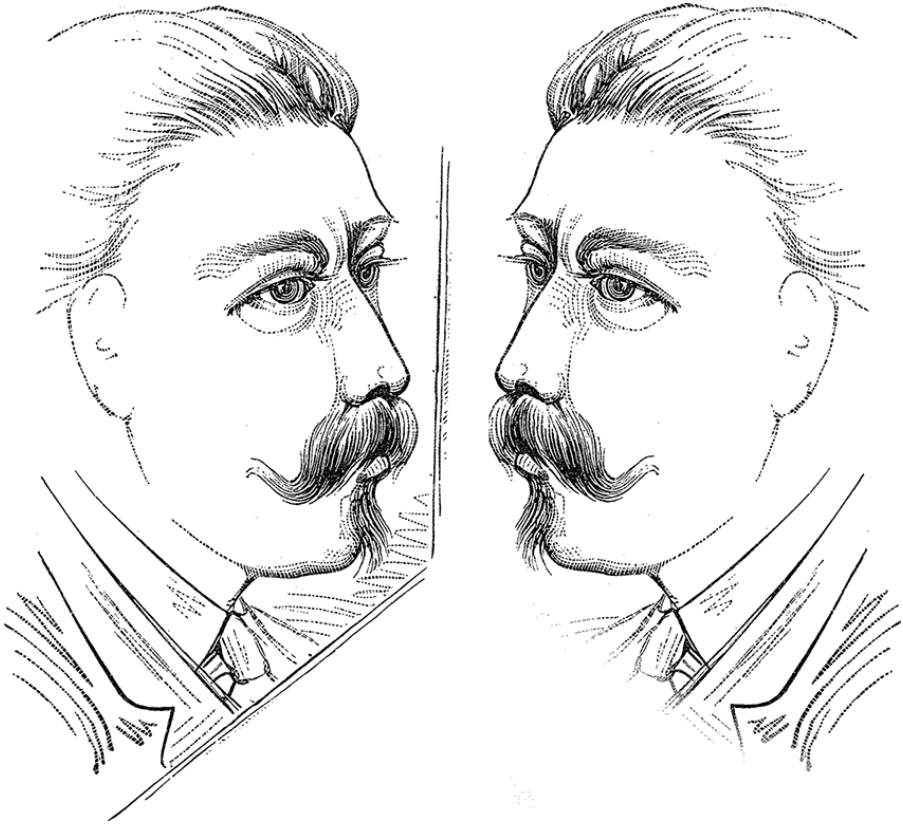
Есть несколько версий, почему так произошло. По одной из них, форма сердца была взята из словесных описаний Аристотеля, который утверждал, что оно состоит из двух больших камер и одной маленькой. Описание, конечно же, заведомо неправильное, но ведь это же Аристотель, он не может ошибаться! По другой версии, символ сердца обязан своей формой женским ягодицам. Дело в том, что этот символ существует очень давно, только он обозначал не сердце, а был символом любви в целом. Древние греки очень ценили женскую красоту, особенно красоту некоторых частей тела. Поэтому изначально он обозначал ягодицы. Есть еще одна очень любопытная версия: в древнем Риме в качестве контрацептива были очень популярны плоды растения сильфий. Оно не сохранилось до наших дней, но в те времена его очень активно выращивали, и оно приносило столько дохода, что его даже изображали на деньгах. Так что оно было в какой-то степени символом любви, о котором вспомнили в XIV веке. Ну а в те времена любовь символизировало сердце. Вот так и прижилось.

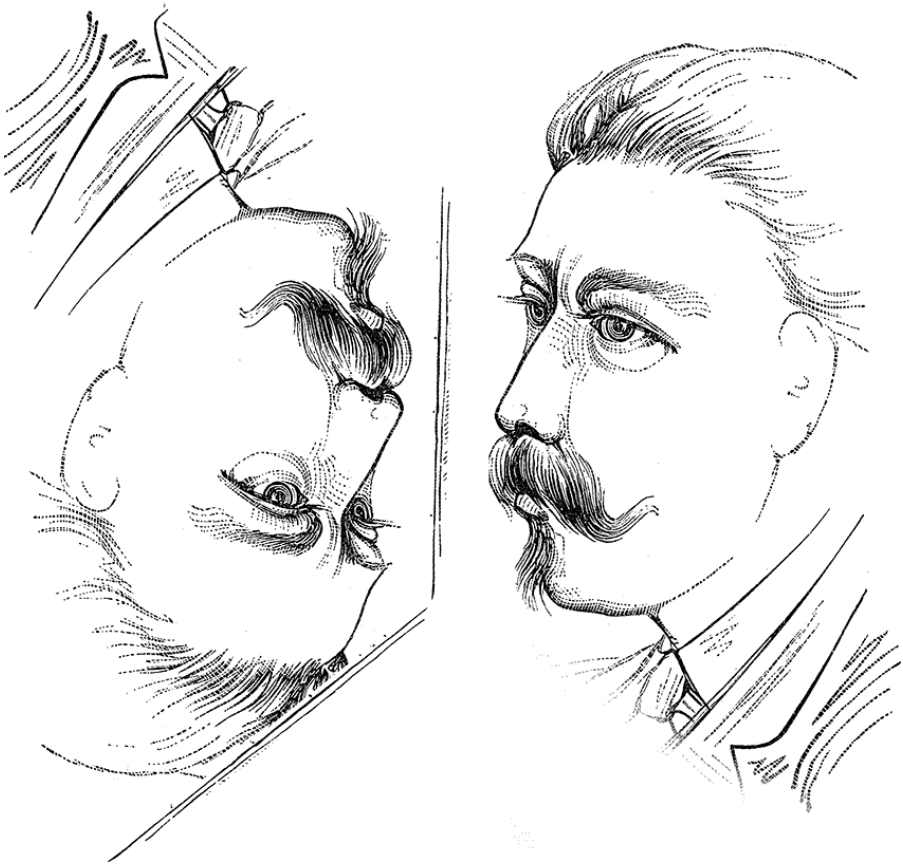
Эпоха Возрождения подарила нам интересную логическую загадку и символ, который понятен абсолютно каждому.

1.6. Почему зеркало меняет левую и правую стороны, а верх и низ – нет?

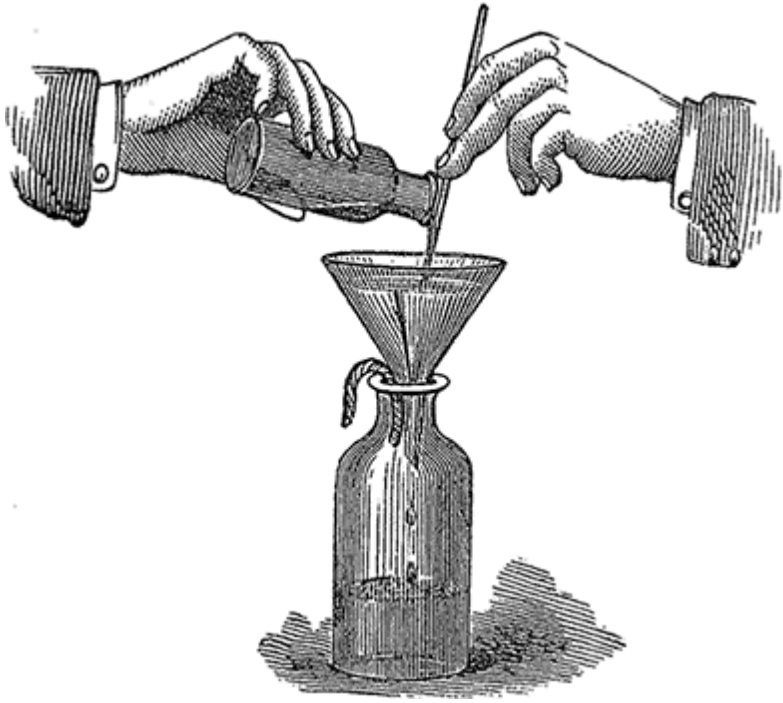
Действительно, как ответить на вопрос, сформулированный в заголовке? Ведь обычное плоское зеркало среди всех направлений выделяет именно вертикальное. И дело не в том, что у нас два глаза, ведь когда вы смотрите одним глазом в зеркало, эффект тот же. Дело не в фундаментальном устройстве нашего мира. Дело даже не в зеркале, оно же просто отражает объекты перед ним! Все намного проще. Вы, возможно, удивитесь, но виной всему гравитация.

В нашем мозгу есть прочное понимание того, где верх, а где низ, так как мы всю свою жизнь, с рождения, ощущаем гравитацию. Для нашего сознания есть выделенное направление, вертикальное. И когда человек пытается сравнить себя со своим отражением, что он делает? Он мысленно перемещает себя за зеркало, при этом сохраняя свою ориентацию относительно вертикальной оси. Ведь у отражения гравитация должна действовать так же. Поэтому левая и правая стороны меняются, а верх и низ – нет.

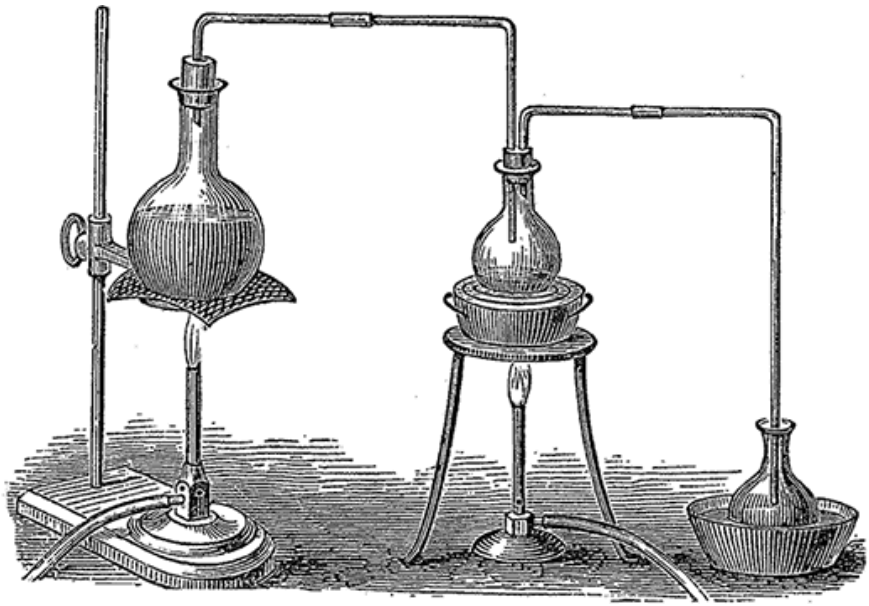




Но можно мысленно передвинуть себя за зеркало по-другому, вращая вокруг горизонтальной оси. Тогда поменяются местами верх и низ, а лево и право останутся на своих местах. Так что все зависит только от нашего восприятия, а само зеркало тут ни при чем.



2. Братья наши меньшие



2.1. Можно ли летать, как птицы?

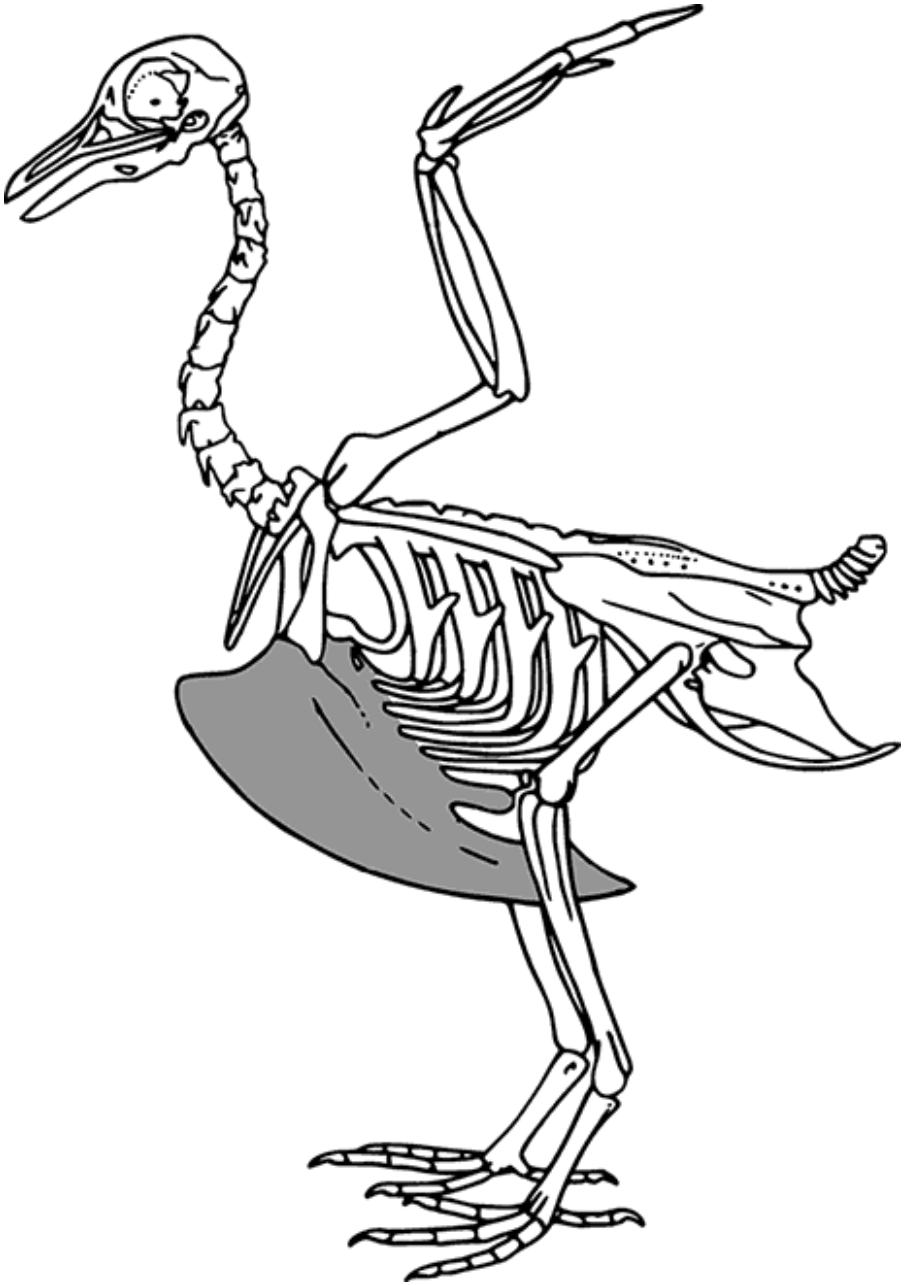
Можно ли модифицировать тело человека, чтобы он мог летать, как птица?

С древних времен людей вдохновляет полет птиц. Ученые всех эпох старались создать орнитоптер – устройство, позволяющее человеку подняться в воздух, взмахивая крыльями. Но как бы они ни старались, какие бы хитрые приспособления ни выдумывали, все попытки с использованием только мускульной силы человека были обречены на провал.

Оказывается, у птиц существует огромное количество хитрых приспособлений, способствующих полету. Давайте в них разберемся и поймем, могут ли они быть у человека.

Внешние приспособления

Начнем с того, что птицы – феноменально сильные животные. Грудные мышцы у них составляют 15–20 % от массы тела. Если увеличить голубя до размеров человека, то это будет очень мощное, сильное существо. У птиц есть специальная кость посредине груди – киль. К ней и крепятся огромные мышцы, отвечающие за движение крыльев. Человек может накачаться до такого состояния, но тогда он будет настолько тяжелым, что не сможет поднять себя в воздух.



Следующий фактор, позволяющий птицам летать, – они очень легкие! Многие кости у птиц полые внутри. Кроме того, у птиц нет челюстей и зубов, а только легкий клюв. Они покрыты перьями, а перья при прочих равных намного легче шерсти, которой покрыты другие животные. И на ногах у птиц нет мышц, там только сухожилия, которые, как ниточки, двигают пальцы. Когда будете есть птицу, обратите внимание на окорочок: мясо

есть только на бедре и голени. Это обеспечивает как легкость, так и для более обтекаемую форму тела.

Конечно же, в полете птице нужна хорошая аэродинамическая форма. Прижимая небольшие лапки к телу, птицы добиваются очень хорошей обтекаемости. Обратите внимание, у птиц голова перерастает в туловище плавно, не так, как у нас.

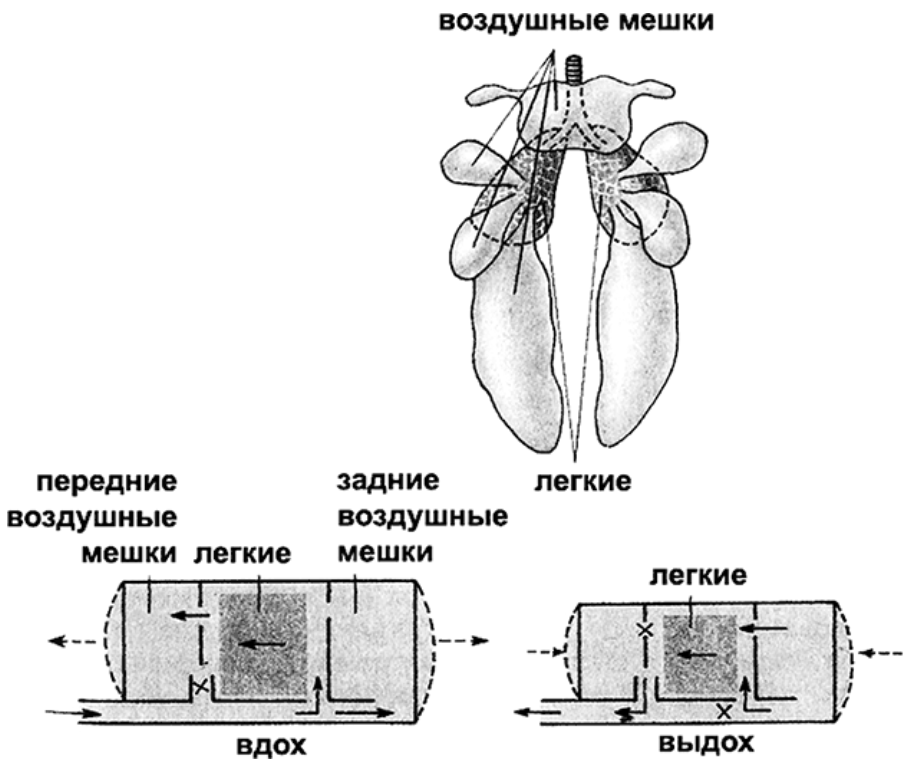
Что касается всех этих приспособлений, то мы хотя бы можем представить, что это можно сделать с человеком. Пока что это должен быть беззубый качок с очень маленькими тоненькими ногами. Но это далеко не все!

Внутренние приспособления

У птиц есть еще определенные внутренние приспособления, делающие возможным полет. В первую очередь это метаболизм.

Полет – это очень энергозатратное мероприятие. При полете используется в десятки и даже сотни раз больше энергии, чем при ходьбе. И сильные мышцы птиц необходимо снабжать огромным количеством кислорода. Поэтому дыхание у птиц доведено чуть ли не до совершенства, и они обладают, пожалуй, самой эффективной дыхательной системой во всем животном мире. Птицы используют двойное дыхание, при котором кислород поступает в кровь непрерывно – и на вдохе, и на выдохе.

Дело в том, что для циркуляции воздуха у птиц есть специальные воздушные мешки, которые занимают до 20 % от объема тела. При вдохе воздух, богатый кислородом, затягивается и в легкие, и в воздушные мешки. При выдохе он из мешков поступает в легкие. Так что через легкие постоянно проходит свежий воздух, и кислород поступает в кровь непрерывно.



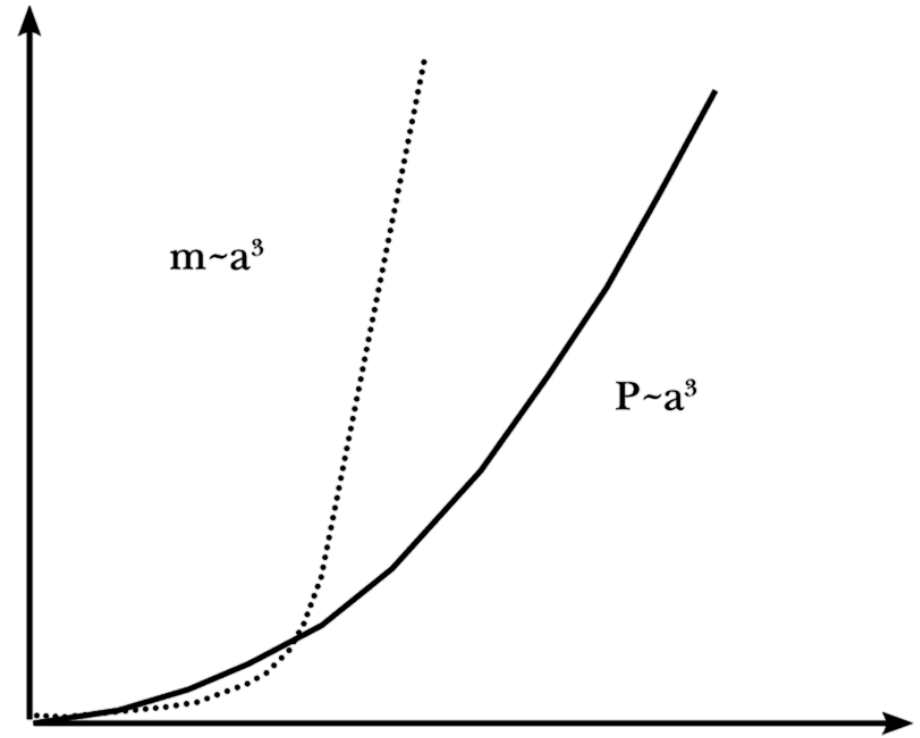
Более того, сердце у птиц относительно очень велико: оно составляет 0,8–2,5 % от веса тела. И бьется оно очень быстро, у мелких птиц – более 1000 раз в секунду! Усиленное сердцебиение и двойное дыхание многократно повышают метаболизм этих животных, и это покрывает высокие энергетические затраты, связанные с полетом.

Теоретический предел массы

Есть еще один факт, который стоит отметить. Самой тяжелой летающей птицей является дрофа, ее масса примерно 20–22 килограмма. Более тяжелых птиц не бывает. Получается, есть какой-то теоретический предел веса?

При увеличении размеров увеличивается масса тела, поэтому должны увеличиваться и подъемная сила, и мощность соответственно. Только вес тела растет пропорционально кубу размеров, а мускульная мощность – пропорционально поперечному сечению мышц, то есть квадрату размеров. Построив графики квадрата и куба, можно увидеть, что сначала сила мышц и мощность возрастают быстрее, чем масса, но в какой-то момент все меняется. Если предположить, что дрофа находится где-то

на пересечении этих графиков, то человек – в области, где мощность уже слишком мала для полета с крыльями.



Что касается огромных ископаемых птиц и птеродактилей массой до 200 кг, то они вряд ли умели свободно летать. Скорее всего они просто планировали с большой высоты. И только изредка, ценой больших усилий, могли набрать немного высоты. Но существует много гипотез, описывающих полет птеродактилей, и споры об этом не утихают до сих пор.

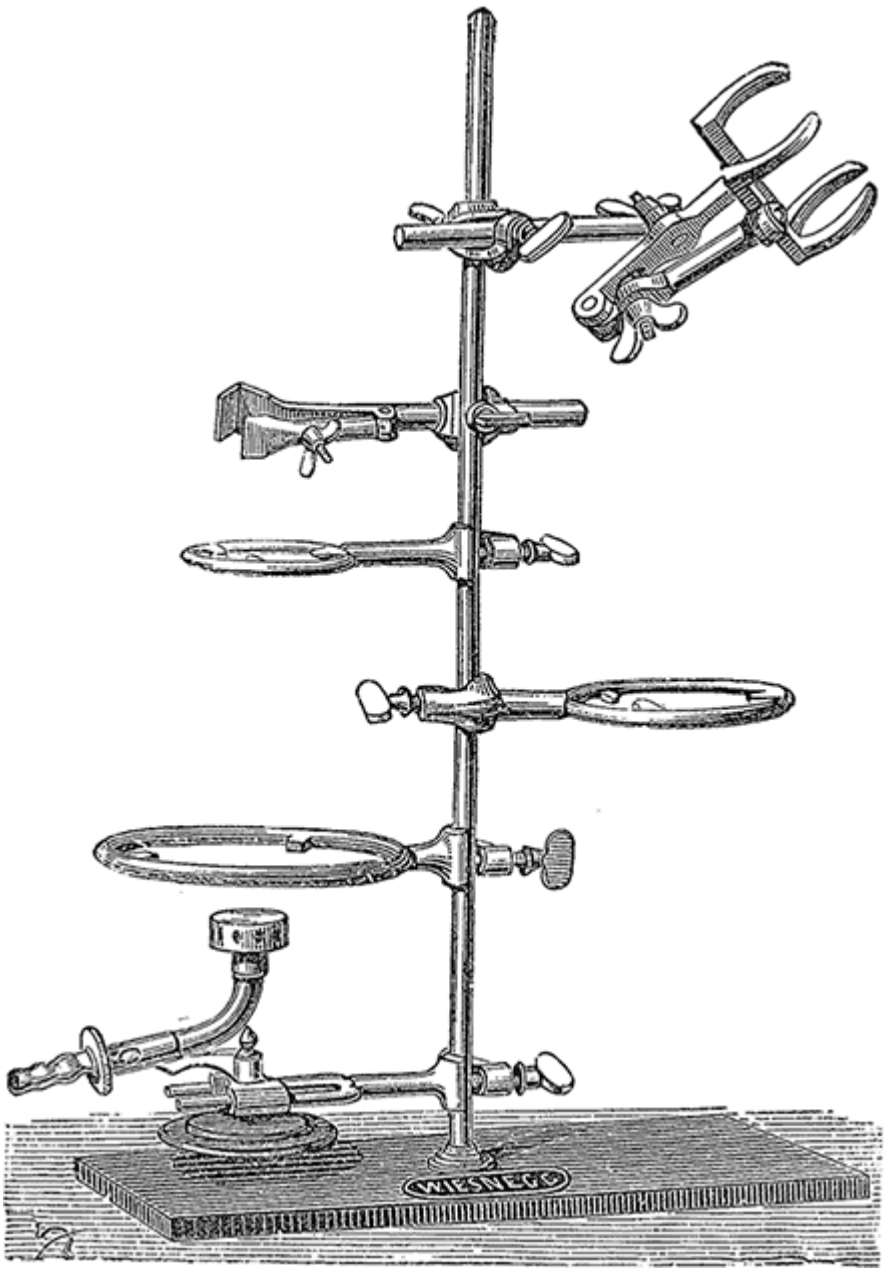
Самолет на мускульной тяге

И все же стоит отметить, что определенных успехов людям удалось добиться. Правда, речь идет о самолетах с неподвижными крыльями, но на мускульной тяге. В 1988 году был поставлен рекорд дальности полета на самолете, который приводился в движение мускульной силой. Греческий велосипедист Канеллос Канеллопулос перелетел на расстояние 115 км чуть меньше, чем за 4 часа!

А в 2013 году человеку на мускульном вертолете удалось провисеть в воздухе 64 секунды и достичь высоты более 3 метров. Что касается машущих крыльями аппаратов, то тут до сих пор

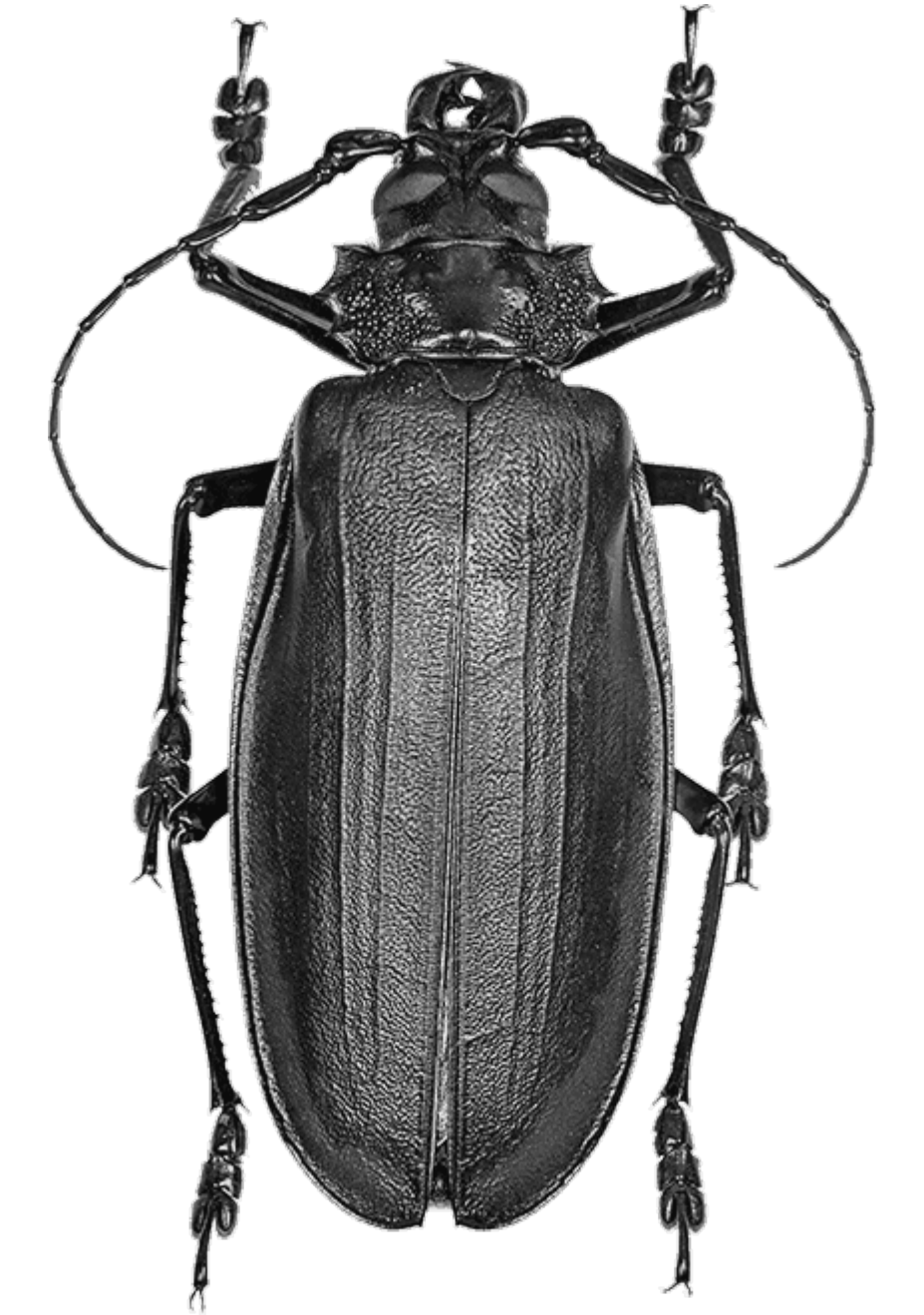
особых успехов нет.

Так что вряд ли мы сможем летать как птицы.



2.2. Почему насекомые маленькие?

Насекомые – маленькие создания, наполняющие нашу жизнь и красивыми красками, и лишними приспособлениями в доме, и полезными продуктами. Это огромный класс животного мира, включающий в себя бессчетное множество видов и подвидов (количество видов насекомых по крайней мере в 6 раз больше, чем остальных видов животных, вместе взятых). Но, несмотря на огромное многообразие, среди них нет довольно больших особей. Например, один из самых крупных жуков, дровосек-титан, достигает не больше 18 сантиметров в длину. Почему же так?



Точного ответа на этот вопрос никто не знает. Есть несколько теорий, и мы рассмотрим самые правдоподобные из них.

Экзоскелет

Согласно одной из теорий, все дело в том, что насекомые слишком хрупкие. Если увеличить насекомое до размеров, например, человека, то его хрупкое тело не выдержит своей тяжести. Насекомые – это беспозвоночные. У них нет скелета, и все органы кое-как держатся на хитиновом экзоскелете, опоясывающем все тело. Для небольших животных это очень удобно: экзоскелет выполняет одновременно несущую, защитную и многие другие функции.

Но если мы будем увеличивать насекомое, то выдержит ли это экзоскелет? Сложно сказать, ведь у нас нет экспериментальных доказательств. Однако мы можем провести некие аналогии. Например, с родственниками насекомых – ракообразными. Самые большие из них достигают трех метров в размахе. И хотя эти животные обитают под водой, где вес тела практически нулевой, они не ломаются, даже если вытащить их на сушу, ведь их хитиновый внешний скелет достаточно прочен.

Можно провести аналогии и с черепахами. Из хитина можно сделать такой же большой и прочный панцирь, как у галапагосских черепах.

К тому же, если представить скелет насекомого в виде цилиндрической трубки соответствующей прочности, то при увеличении размеров трубки ее прочность будет увеличиваться как раз в соответствии с увеличением массы животного. Поэтому внешний хитиновый скелет вряд ли является ограничивающим фактором для роста насекомых.

Слишком вкусные

Существует и другая теория, согласно которой насекомые не вырастают до больших размеров, потому что в таком случае они становятся слишком уязвимыми во время линьки. При росте насекомому периодически приходится сбрасывать свой панцирь и отращивать новый, ведь он не растет вместе с ним. Однако рост наблюдается у насекомых только в личиночной стадии, в которой скелет и так достаточно мягок и не обладает добротной защитной функцией.

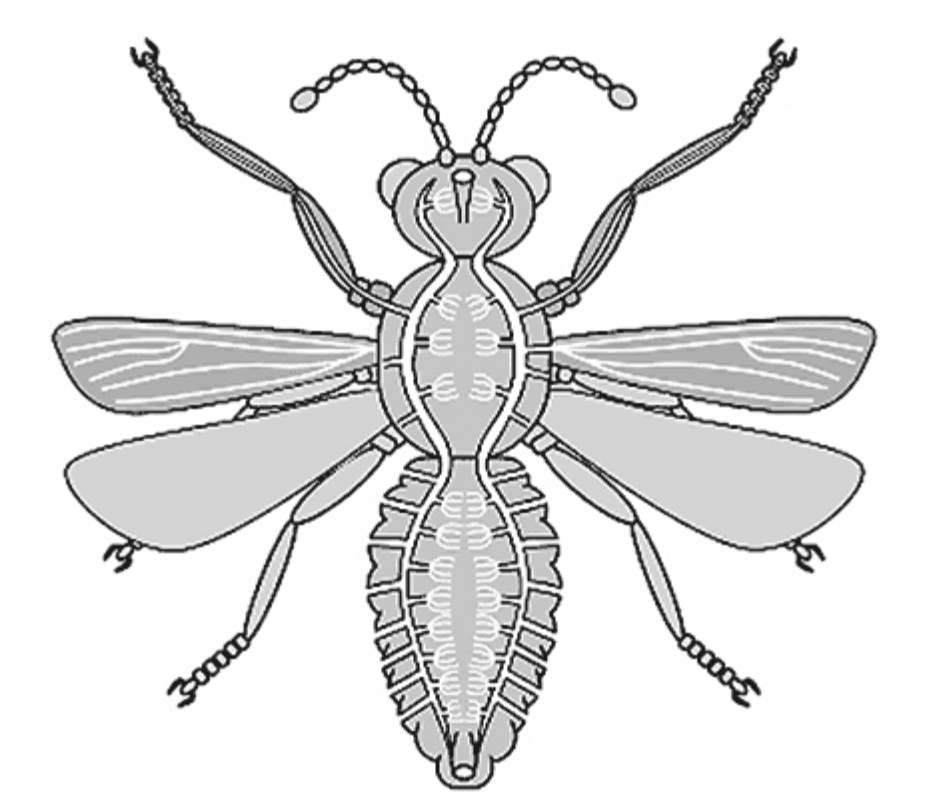
Кровеносная система

Возможно, насекомые ограничены в размерах из-за очень несовершенной кровеносной системы. У них нет сосудов, а внутренние органы просто омываются кровью. Если увеличить

насекомых в размерах, то под действием гравитации вся кровь будет скапливаться внизу и кровоснабжение отдельных органов будет затруднено.

Дыхательная теория

Но, пожалуй, самой правдоподобной кажется дыхательная теория. Дело в том, что насекомые дышат не так, как человек. У них нет легких, а дышат они через трахеи. Это такие трубочки, которые пронизывают все их тело. По бокам насекомого есть специальные отверстия – дыхальца. Через них воздух попадает в трахеи, которые ветвятся, как дерево, и достигают практически каждой клеточки тела насекомого.



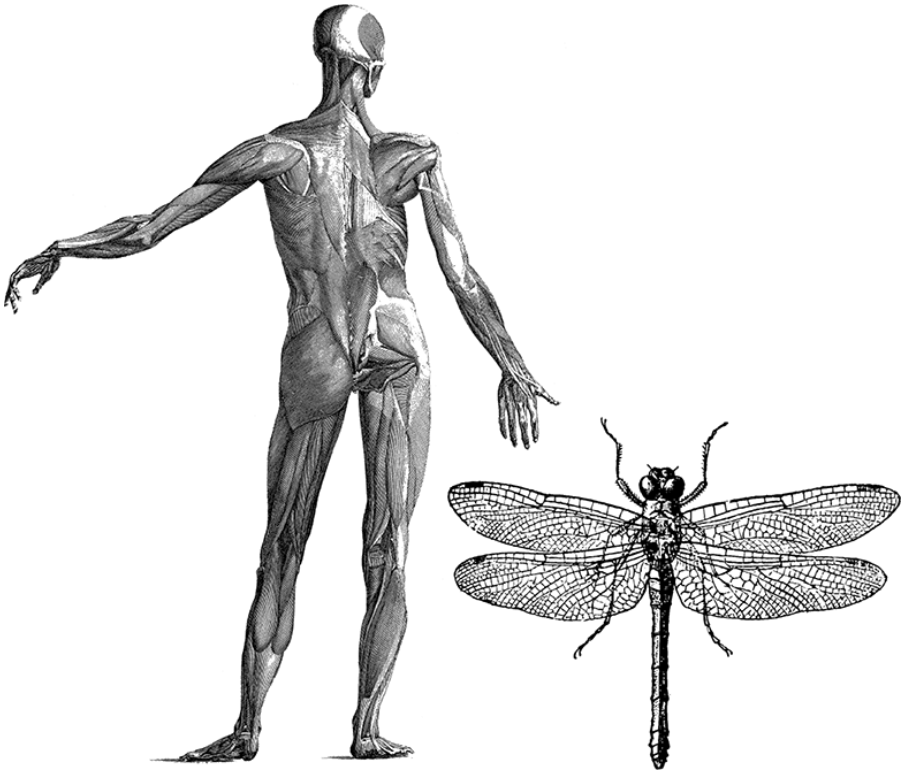
Чем-то это напоминает кровеносную систему человека, в которой кислород переносится потоком крови в капилляры, и тем же потоком уносится ненужный углекислый газ. Развитые, крупные насекомые, например, богомолы, прокачивают воздух через трахеи дыхательными движениями. Однако они не могут добиться направленного движения воздуха в мельчайших трахеях

из-за капиллярного сопротивления, поэтому туда он проникает только посредством диффузии (то есть из-за хаотичного движения молекул воздуха) максимум на 1–2 сантиметра. Это как пытаться задуть песок в маленькие отверстия: можно дуть сильнее, но больше песка через них не пройдет.

Вот тут мы и упираемся в ограничение размеров. Если насекомые будут слишком крупными, то, во-первых, трахеи будут очень длинные, поэтому воздух будет застаиваться и дыхание станет невозможным. А во-вторых, если уж очень хочется увеличиться в размерах и не задохнуться, то придется трахеи сделать настолько толстыми, что останется очень мало места для других органов.

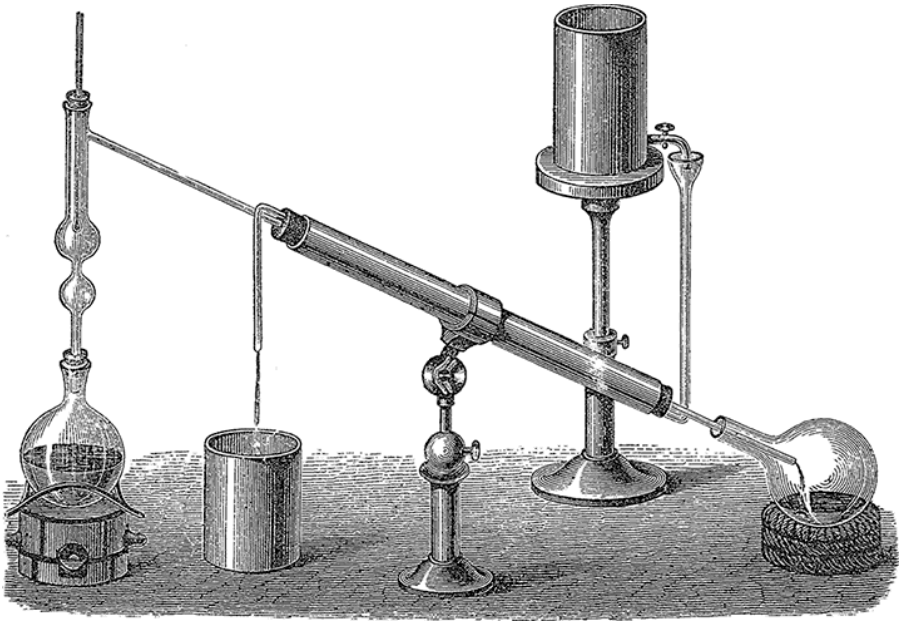
Эта теория подтверждается экспериментами, в которых насекомых выращивали в условиях повышенного содержания кислорода. Если его содержание в атмосфере больше обычного, то даже в более длинные трахеи он будет поступать в достаточном количестве, что делает возможным увеличение размеров тела. Именно это и наблюдалось в экспериментах.

И занимательно то, что такой эксперимент для нас уже давным-давно провела матушка-природа. Насекомые – очень древние животные, намного старше динозавров, а тем более млекопитающих и людей. 300 млн лет назад атмосфера состояла из кислорода где-то на 32 %, что в полтора раза больше, чем сейчас. Поэтому насекомые были больше в размерах и могли достигать 65 см в размахе крыльев!



Не исключено, что личинки древних насекомых дышали через кожу и никак не могли этим управлять. Как известно, кислород – сильный окислитель и его чрезмерное количество вредно для здоровья. Чтобы этого избежать, личинки вырастали до особо крупных размеров, при которых весь кислород усваивался в должной мере.

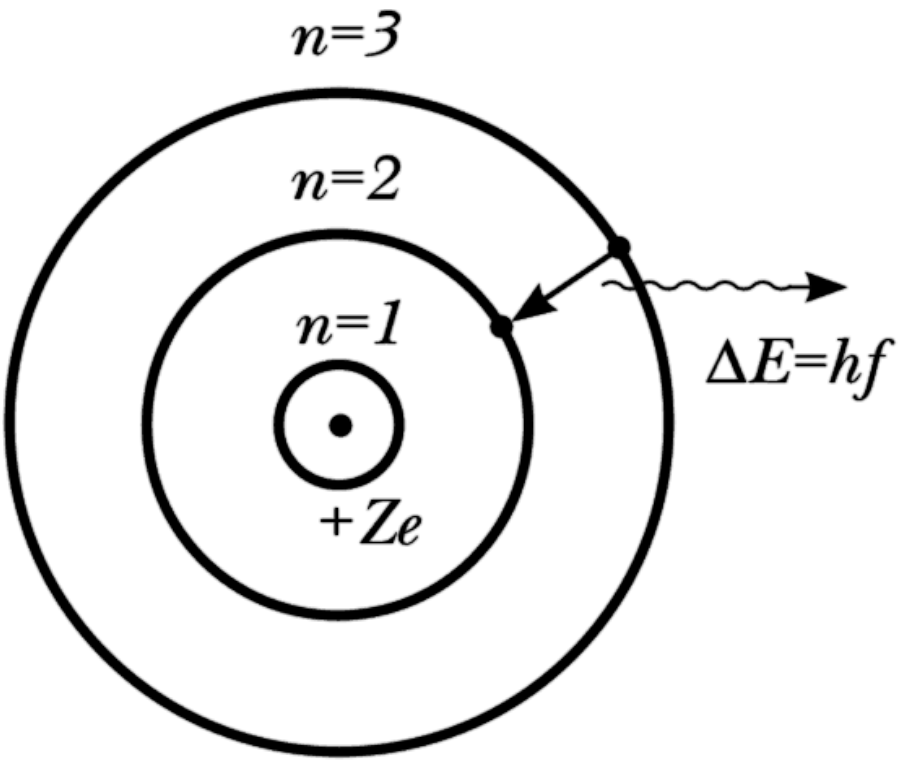
Как мы видим, дыхательная теория является самой продуманной и логичной. К тому же она подтверждается разными направлениями науки.



2.3. Почему светятся светлячки?

Почему светятся светлячки? Почему, где и как происходит это чудо возникновения частиц света, фотонов? Может быть, микроскопические волшебные гномики включают в клетках огоньки?

Давайте сначала рассмотрим более общий вопрос, ответ на который физики нашли уже очень давно: где рождается свет? Представим себе атом и электроны в нем. Они спокойно вращаются на своих орбитах вокруг ядра. И тут бац! По каким-то причинам один из них может перейти в возбужденное состояние, у него появляется очень много лишней энергии, и он переходит на более высокую орбиту. В таком возбужденном состоянии электрон находится некоторое время, но потом он релаксирует и приходит в свое обычное состояние. При таком переходе электрон излучает излишек своей энергии в виде фотонов, то есть частиц света.



Самое интересное, что фотон всегда возникает одинаково, а вот способов предварительно возбудить электрон очень много.

И самый простой из них – это нагреть тело, чтобы атомы с огромной скоростью бились друг о друга. Именно это происходит в пламени свечи, костре, обычной лампочке. Действительно, если нагреть любое тело до высокой температуры, то оно будет светиться. Даже ваша кошка или брокколи. Попробуйте нагреть гвоздь на плите, и он будет светиться красноватым цветом. Этому подвержены все тела, и мы никак не можем это контролировать.

Но, конечно же, светлячки не нагреваются до бешеных температур. В них происходит так называемая биолюминесценция. В этом процессе возбуждение электронов происходит за счет химических реакций с выделением энергии. Обычно эта энергия тратится на нагрев тела. Но у светлячков ее настолько много, что она идет на возбуждение электрона с последующим излучением фотона. Это реакция окисления люциферина. И регулируя окисление кислорода, светлячок может мигать и всячески управлять свечением. В отличие от обычной лампочки, в которой большая часть энергии тратится на тепло и КПД в 5–10 %, светлячок переводит в световое излучение 90 % всей энергии.

Помимо светлячков, существуют и другие организмы, которые освоили биолюминесценцию: грибы, медузы, глубоководные рыбы. И существует еще очень много видов так называемой люминесценции.

Например, фотолюминесценция. В ней возбуждение фотонов происходит под действием внешнего света. Электроны поглощают энергию падающих фотонов и переходят в возбужденное состояние. При этом существуют вещества, в которых электронам вообще запрещено переходить обратно в исходное состояние законами квантовой физики. Однако они это все-таки делают. Если такое вещество предварительно осветить ярким светом, то электроны быстро перепрыгнут в возбужденное состояние и потом долго будут переходить обратно. С такими веществами мы знакомы, это любые фосфорные штучки. А есть вещества, в которых электроны релаксируют практически сразу после возбуждения. Только поглощают они одно, а излучают немножечко другое. Ну, например, поглощают невидимый ультрафиолет и излучают зеленое свечение. Именно поэтому флуоресцентные краски так ярко светятся в ночном клубе. Именно так работают все отбеливатели: они поглощают ультрафиолет и излучают в видимом диапазоне, поэтому белье кажется намного светлее.

И кратко о других любопытных видах люминесценции.

Радиолюминесценция. В ней электроны возбуждаются

и излучают свет благодаря радиоактивному излучению. Такие приборы служат десятки лет, а защитное стекло полностью защищает от небольшой радиации.

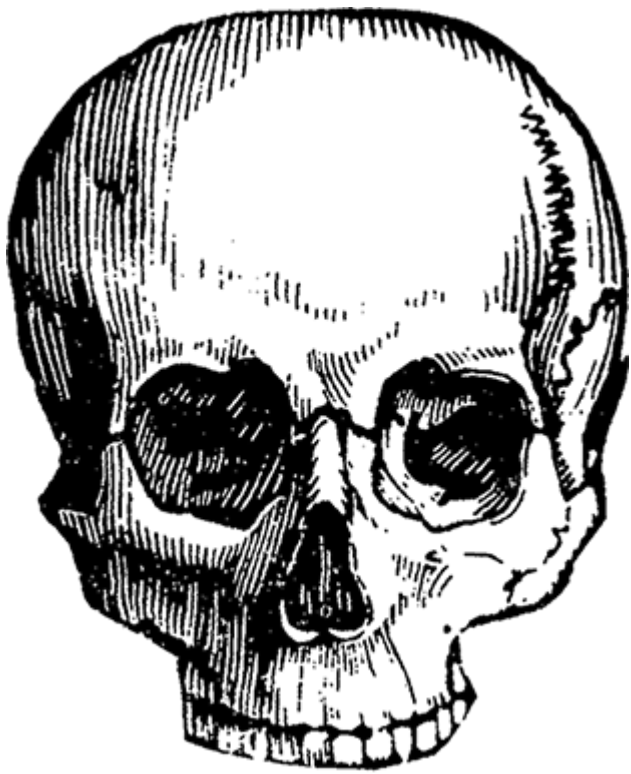
Триболюминесценция возникает при раскалывании и разрушении тел за счет энергии и деформации кристаллической решетки. Наблюдать это свечение можно при раскалывании кристаллов сахара или песчинок в воздухе при взлете вертолета.

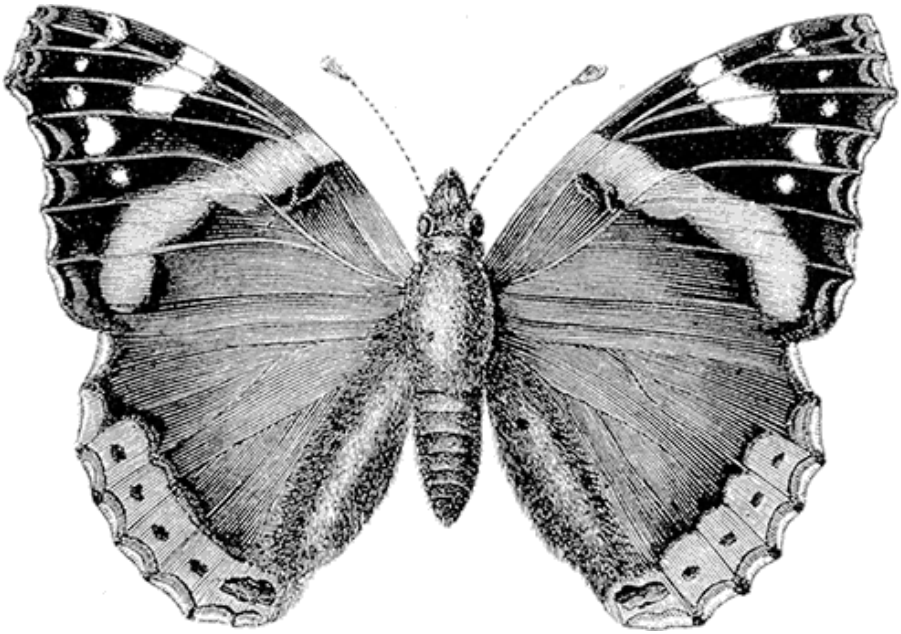
Сонолюминесценция. Если обычную воду облучать ультразвуком, то в ней возникают области сжатия и разрежения. И разрежение может быть настолько сильно, что вода может разорваться и в ней образуется микропузырек с практически вакуумом внутри. Через мгновение этот бедный пузырек начинает сжиматься и схлопывается. И в последний момент перед тем как исчезнуть, он выпускает вспышку голубоватого цвета. Это возникает из-за моментального нагрева до 5000 Кельвинов. Однако сонолюминесценция по-прежнему остается самым неизученным видом люминесценции.

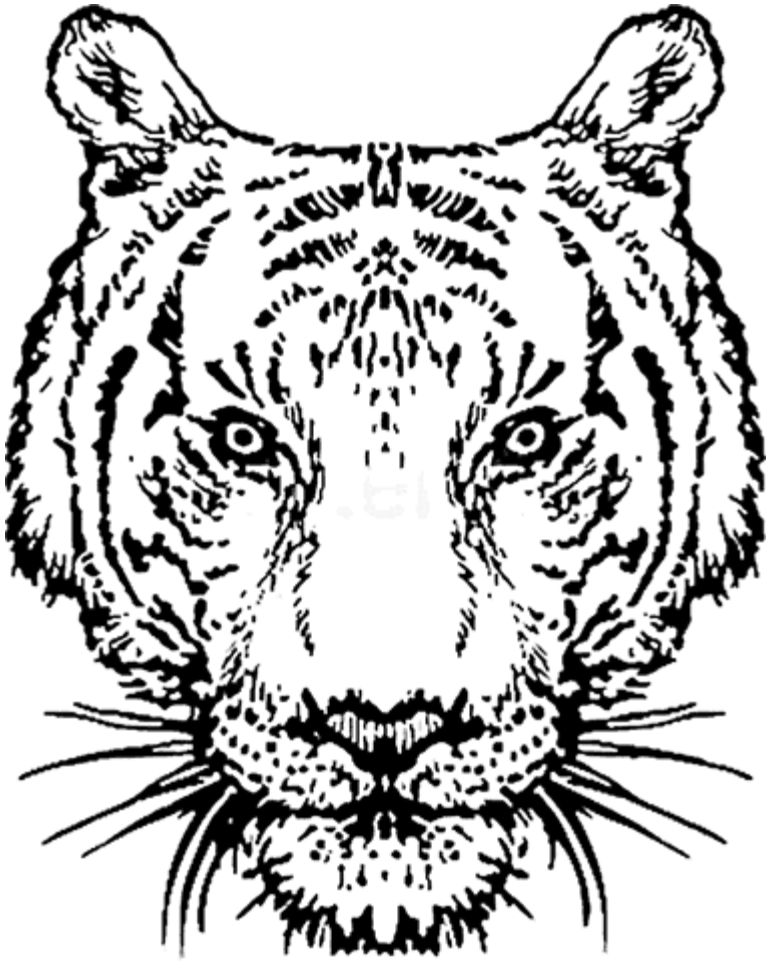
2.4. Почему животные симметричны?

Приблизительно 75000 человек на Земле обладают зеркальным расположением внутренних органов – сердце у них располагается справа, а печень слева. Это называется транспозицией внутренних органов, объясняется разными факторами, не передается по наследству и никак не мешает жизни этих людей.

Как видите, природа может запросто отразить нас, словно в зеркале, и ничего особо не поменяется. Ну а внешне и отражать ничего не надо, ведь люди, как и почти все остальные животные, обладают практически идеальной внешней зеркальной симметрией. Ее еще называют билатеральной.





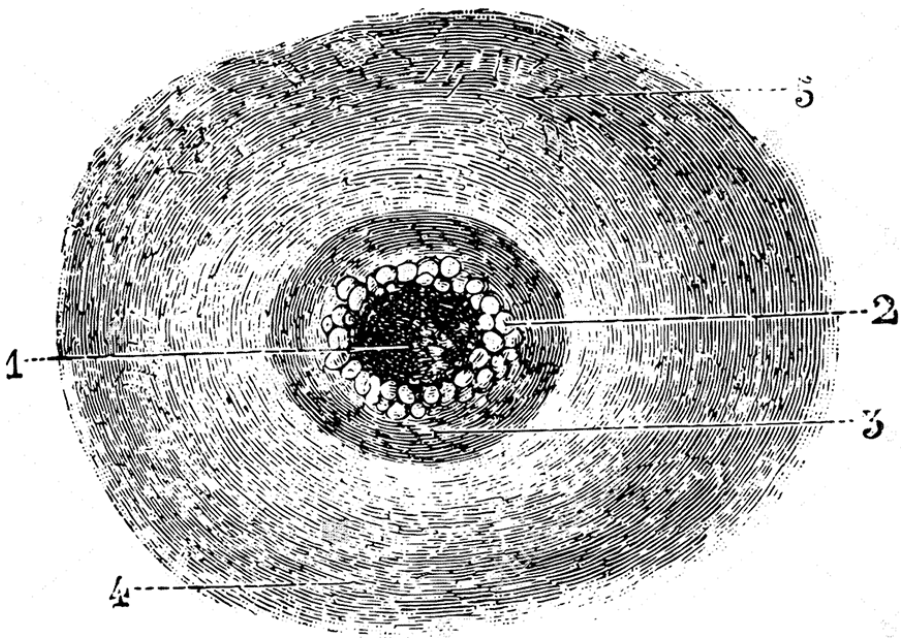


Но зачем нужна эта симметрия? Действительно, у высших животных все органы обладают узкой специализацией: руки, ноги, голова, хвост – все они выполняют разные функции. Отсюда понятно, что верхняя и нижняя, передняя и задняя части туловища должны отличаться. Однако, несмотря на все это, левая и правая стороны тела абсолютно идентичны, как будто природа забыла придумать, с чем будет лучше справляться левая сторона, а с чем – правая. Или дело в другом?

Эволюция симметрии

Ответ довольно прост. Билатеральная симметрия – это, можно сказать, рудимент, особенность, которая передалась нам от наших предков, но при этом не мешала дальнейшей эволюции и осталась, хотя особо сильно мы в ней не нуждаемся.

Давайте перенесемся на 4 миллиарда лет назад. На заре возникновения жизни на Земле, когда все живые организмы были еще одноклеточными, самой идеальной формой для них был шар. Это диктовалось тем, что взаимодействовать с окружающей средой им приходилось во всех направлениях, ни одно из которых особо не выделялось, отсюда и такая форма. То есть тела были сферически симметричны: как их ни поворачивай, они похожи сами на себя. К тому же шар, при заданном объеме, обладает минимальной площадью поверхности, что достаточно экономно и практично.



Но в процессе эволюции организмы усложнялись и увеличивали свою массу. И вот тут вступила в действие гравитация! Из-за нее у живых существ появилась асимметрия по направлению верх – низ. Сверху теперь располагались преимущественно органы чувств, рот. Внизу – средства передвижения. Но осталась симметрия по окружности – радиальная. Можно было вращать тело вокруг вертикальной оси, и ничего не менялось.

Следующий виток эволюции начался, когда организмы поняли, что неплохо было бы перемещаться. Например, чтобы есть друг друга. Тогда появились хищники и жертвы. Тем и другим понадобились скорость и внимание: одним – чтобы догонять, другим – чтобы убегать. Так и появилась асимметрия по направлению перед – зад. Спереди расположились органы

восприятия, мозги, рот – в общем, самое важное. Сзади – все остальное.

А вот симметрию между левой и правой сторонами эволюция не затронула. Эта симметрия эволюции никак не мешала, наоборот, она дублировала некоторые органы, и это было даже полезно. Например, два уха нужно, чтобы по задержке сигнала определять, откуда пришел звук. Два глаза необходимо для бинокулярного, объемного зрения. Даже ноздрей нужно две! Хотя, казалось бы, мы можем обойтись и одной. Дело в том, что почти всегда воздух через одну ноздрю движется медленней, чем через другую. Благодаря этому мы можем почувствовать запахи, которым для восприятия нами требуется немного больше времени, чем обычно. Таким образом, две ноздри расширяют диапазон доступных нам ароматов.

Что касается асимметрии внутренних органов, то она появилась из-за их чрезмерного усложнения. Заметьте, это проявляется только в пищеварительной системе – вы только представьте, что вы едите! Для переваривания всего этого нужен целый парк органов! И это чудо, что они хоть как-то поместились в организме, пусть даже несимметрично. И в кровеносной системе то же: сердце смещено из-за возникновения второго круга кровообращения. Если посмотреть на животных попроще (червяков, насекомых, рыб), то мы увидим, что у них внутренние органы абсолютно симметричны.

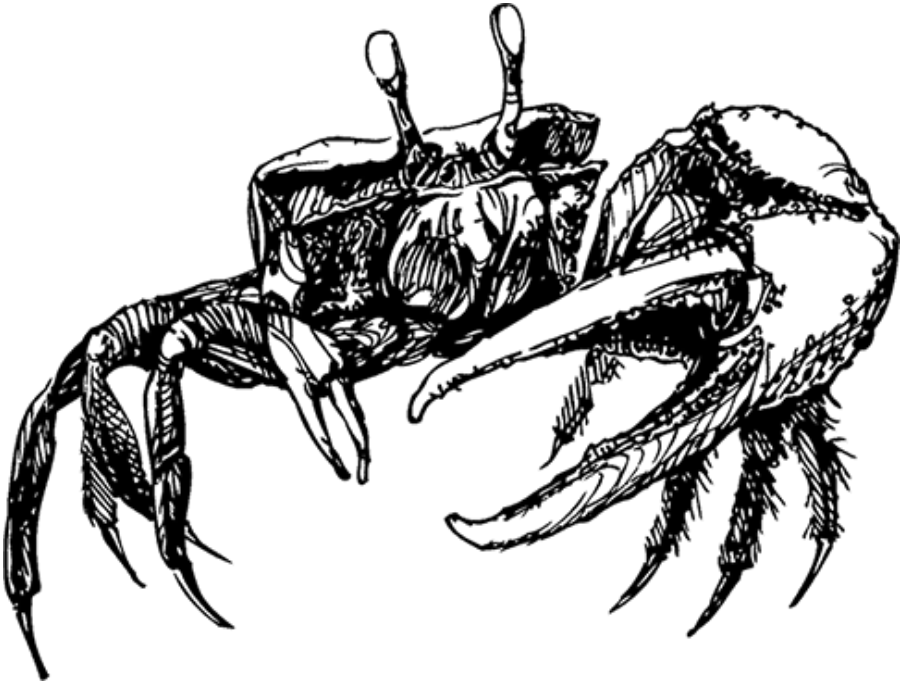
Другие виды симметрии

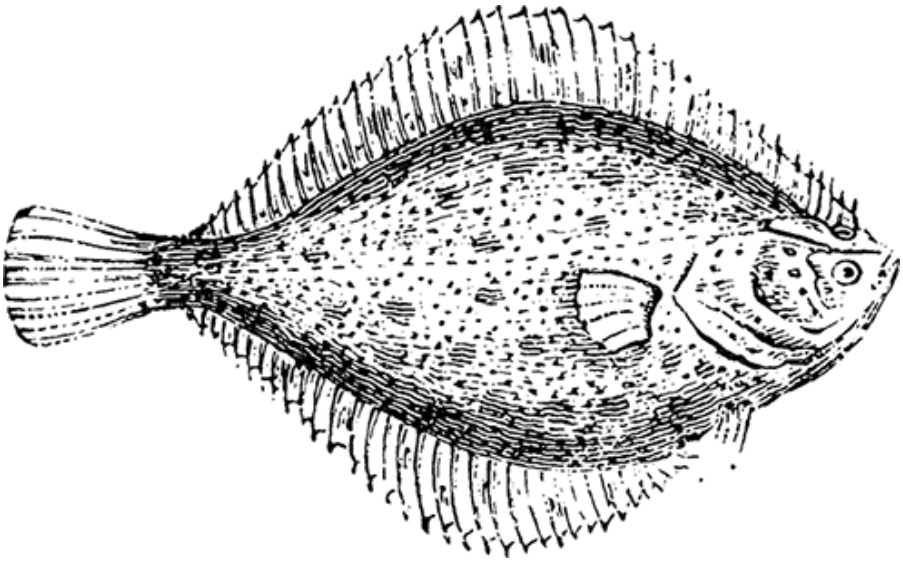
Кстати, и другие виды симметрии в природе тоже продиктованы взаимодействием с окружающей средой.

Существует, например, радиальная симметрия, когда тело, повернутое вокруг определенной оси на некий угол, повторяет само себя. Такой симметрией обладают морские звезды, большинство цветов, деревья. Как правило, продиктована она тем же – специализацией по одному направлению (верх – низ), так как по остальным направлениям взаимодействие с окружающей средой абсолютно одинаково. Цветы, которые растут просто вверх, радиально симметричны, а растущие вбок (орхидея, львиный зев) теряют симметрию перед – зад и становятся только зеркально симметричны. Листья, как правило, растут вбок, им радиальная симметрия не нужна, поэтому они симметричны только зеркально.

Конечно, здесь бывают исключения. Но, как говорит великий Шерлок Холмс, это исключения, но только подтверждающие

правило! Например, манящий краб, камбала.





Раз мы говорим о симметрии, надо обсудить пчелиные соты. Они кажутся парадоксальным явлением, каким-то чудом природы. Действительно, как пчелам интуитивно удается создать такие стройные ряды одинаковых шестиугольников? Человек не может нормально шестиугольник нарисовать, а тут пчелы!

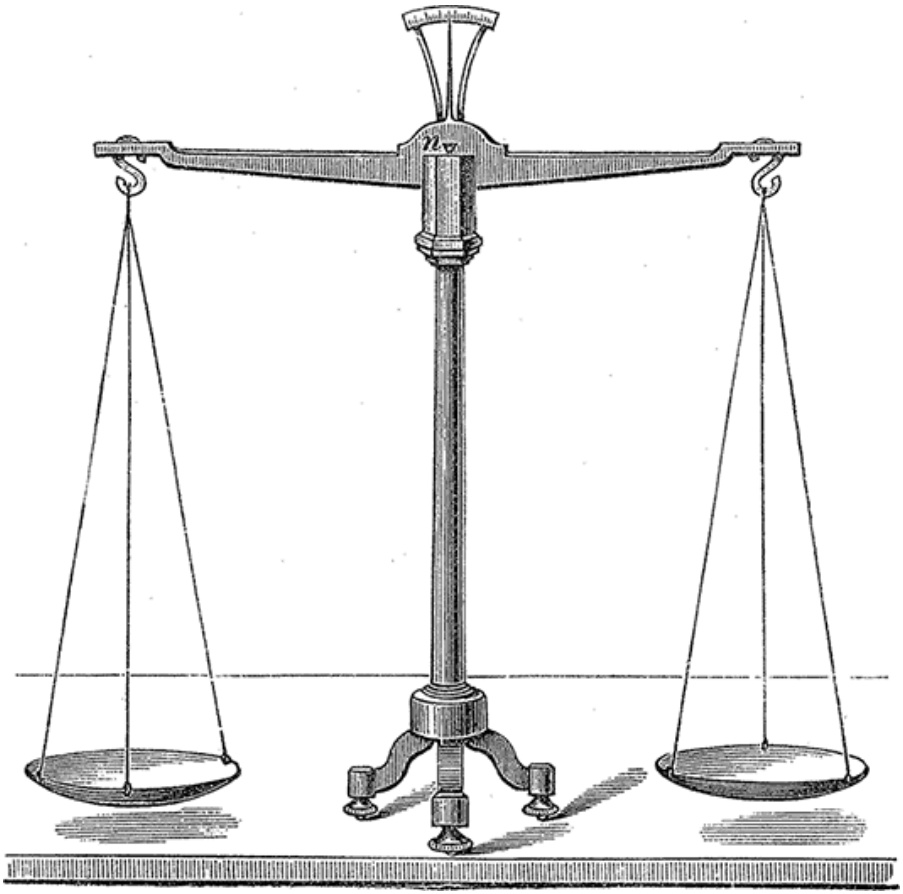
Да и почему соты шестиугольные, а не квадратные, например?

Соты необходимы для хранения меда, яиц, куколок. Их нужно много, они должны быть одинаковы и просты. Существует не так много фигур, которыми можно замостить некую площадь без зазоров, а именно три: треугольник, квадрат и шестиугольник. И вот тут кроется главный секрет. Если взять три этих фигуры одинаковой площади, то наименьший периметр будет у шестиугольника! Значит, при построении именно шестиугольных сот строительного материала на них будет уходить максимально мало. Так что шестиугольность сот – результат хладнокровной оптимизации, достигнутый в процессе эволюции.

А как обстоят дела с симметрией в неживой природе? Возьмем снежинки. Это тот же самый снег, маленький кусочек льда, но какой удивительной формы, и каждый раз неповторимой! Снежинка образуется так. На начальном этапе молекулы воды соединяются друг с другом по три штуки и образуют шестиугольник. Потом на края шестиугольника начинают нарастать еще слои льда, причем со всех сторон одинаково. Правда, этот процесс роста идет с разной скоростью, то быстрее, то медленее. Поэтому и снежинки всегда получаются разными и двух абсолютно одинаковых вы не найдете.

Да и вообще, в неживой природе практически всегда так: если есть симметрия, то, скорей всего, из-за симметричности кристаллической решетки.

3. Тайна электричества



3.1. Как убивает ток?

Как убивает электрический ток? На самом деле вопрос очень сложный, потому что ток оказывает на человека различное воздействие: тепловое, химическое, психологическое. Поэтому существует очень много факторов, из-за которых можно погибнуть. И почему-то очень мало экспериментов проведено на эту тематику. Поэтому давайте рассмотрим только три самых частых причины смерти от электрического тока.

Первая – это фибрилляция. Сердце перекачивает кровь благодаря ритмичному сокращению мышц. Это происходит из-за слабых ритмических импульсов, которые генерируются в определенных клетках сердца и передаются мышцам. И если через сердце пройдет очень сильный электрический ток, то мышцы могут потерять чувствительность к этим слабым электрическим импульсам. Они выходят из-под контроля и словно становятся сумасшедшими. Они начинают быстро, хаотично и нескоординированно сокращаться, и в таком состоянии кровь уже не перекачивается. Это и называется фибрилляция. Кровоток останавливается, кислород не поступает в мозг, и он может умереть через 5 минут от кислородного голодания. Что примечательно: прекратить фибрилляцию можно также благодаря электрическому току, с помощью дефибриллятора. Это такая встряска напряжением в 7 тысяч вольт, которая может заставить сердце восстановить свою стабильную работу.

Еще одна причина гибели от электрического тока – это паралич дыхательных мышц. Для начала надо уточнить, что объем легких увеличивается и уменьшается не из-за того, что там становится больше или меньше воздуха, а из-за того, что благодаря мышцам грудная клетка то увеличивает объем, и тогда воздух втягивается внутрь, то уменьшает объем, и тогда воздух выходит обратно. Вот так происходит дыхание, и контролируется этот процесс тоже благодаря электрическим импульсам, которые в данном случае генерирует мозг. Электрический ток может заблокировать мышцы грудной клетки, так как они потеряют чувствительность к этим электрическим импульсам. Человек не может ни вдохнуть, ни выдохнуть, и поэтому умирает от удушья.

И еще одна причина смерти от электрического тока – это ожоги. Когда по проводнику движется электрический ток, то заряженные частицы ударяются о молекулы проводника, эти молекулы увеличивают свою скорость, и температура

проводника в целом увеличивается. Именно так устроены утюг, паяльник, плита. Абсолютно такой же нагрев может происходить в теле человека, и тогда он может получить смертельные ожоги внутренних органов.

Есть еще один вопрос: что же все-таки убивает? Ток или напряжение? Электрический ток – это упорядоченное движение заряженных частиц, а напряжение – это всего лишь характеристика электрического поля, под воздействием которого и начинается это упорядоченное движение. Поэтому можно считать, что электрический ток – это следствие напряжения и напряжение первично. Но убивает все равно электрический ток. Напряжение можно уподобить лучнику, а ток – стреле. Да, лучник создает движение, но убивает все равно стрела. Если будет очень большой ток, то вам точно крышка. А если будет очень высокое напряжение, то еще не факт.

В подтверждение этому можно привести скин-эффект.

Электрический ток бывает постоянный, который течет только в одном направлении, и переменный, который меняет свое направление. И если он меняет направление тысячи раз в секунду, то тогда он протекает лишь по поверхности, не заходя внутрь проводника. Самый простой пример скин-эффекта – это плазменный шар. Если человек дотрагивается до него, по нему протекает электрический ток и уходит в землю и окружающее пространство. Напряжение здесь очень высокое – до 5 тысяч вольт. Однако из-за высокой частоты ток протекает только по коже и не причиняет никакого вреда.

Есть еще один интересный эффект – люминесценция. Если к плазменному шару поднести неподключенную лампу дневного света, она начинает светиться. Дело в том, что когда лампа подключается к сети, в ней возникает очень высокое напряжение (с помощью преобразователя), намного больше, чем 220 вольт, именно из-за этого она и светится. В данном случае происходит почти то же самое. Вокруг шара возникает высоковольтное электрическое поле, которое пронизывает все тела вокруг. Оно проходит внутрь лампы и заставляет ее светиться.

Ток – опасная штука. Будьте аккуратны с электричеством!

3.2. Что будет, если электричество исчезнет?

Согласитесь, самое нужное в нашей жизни работает на электричестве: холодильник, плазма, приставки, кулер в офисе, электроблинницы, в конце концов… Серьезно, без электричества мы бы умерли! Ведь по нашим нервным клеткам протекают электрические импульсы. Сердце бьется благодаря им. Так что, если электричества не будет, наша жизнь станет просто невозможна.

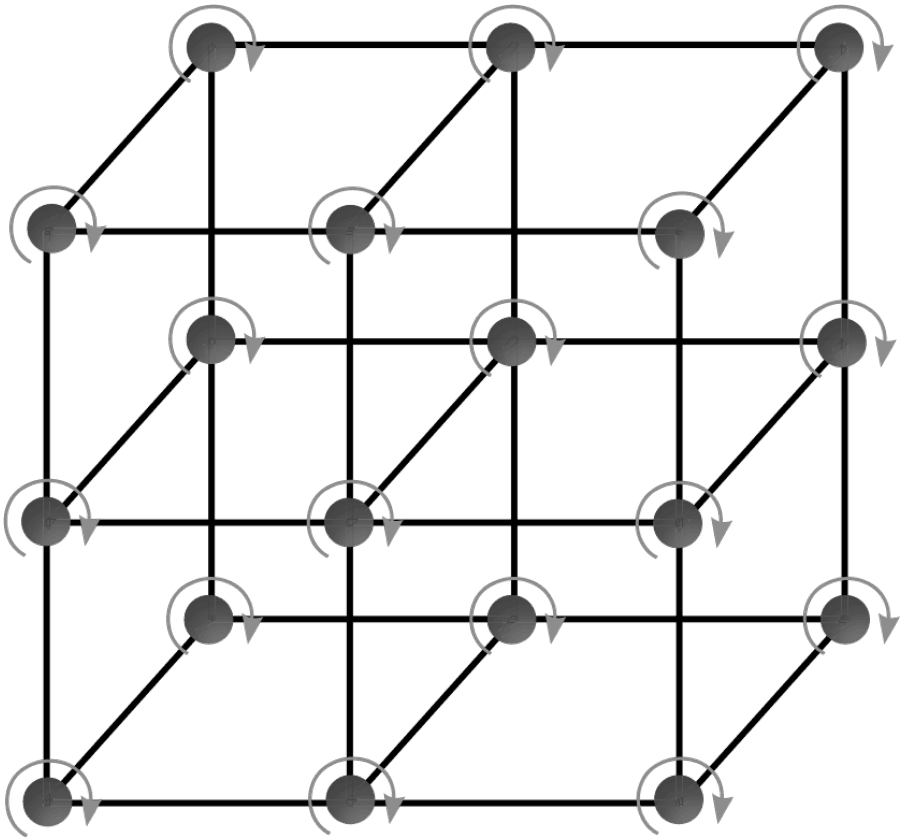
Но все же давайте представим, что будет происходить во вселенной, если электричество вдруг исчезнет.

Тут нужно уточнить. Большинство наших приборов – ноутбук, чайник, блинница – работают на электрическом токе. Это направленное движение электрических зарядов. Но они также могут быть и неподвижны. Тогда мы имеем дело со статическим электричеством. Давайте представим, что исчезнет не ток, а именно электрические заряды.

Тогда, конечно же, все электроприборы перестанут работать. Перестанут идти грозы, прекратится фотосинтез, да более того, остановится любая жизнь! Ведь многие процессы в клетках регулируются электричеством: синтез АТФ, проницаемость мембран, движение органелл. А в многоклеточных организмах вся нервная система устроена на электрических импульсах. Без этого мы не будем такими нервными, однако в живых мы тоже не останемся.

Магнитное поле

Но если углубиться в вопрос, все еще интереснее. Дело в том, что магнитное поле тоже возникает благодаря электрическим зарядам! Точнее, благодаря их движению. Вокруг проводов с током всегда есть магнитное поле, так устроены электромагниты. Да даже в обычном магните поле создается электричеством, ведь электроны в атомах движутся, и вокруг них возникают маленькие магнитные поля, которые складываются в большое магнитное поле. Можно даже говорить о едином электромагнитном поле, а электричество и магнетизм – это разные его проявления.



Движущиеся электроны – это словно маленькие электротоки

Вы только представьте, как только исчезнет электричество, все магнитики с холодильников отвалятся. Замочки на сумочках станут бесполезны. Да и вообще исчезнет магнитное поле Земли. Из-за этого часть атмосферы снесет солнечным ветром, усилится доза радиации от солнца, получаемая людьми, перелетные птицы будут сбиваться с пути. В целом произойдет много мелких, но не самых приятных изменений.

Атомы

Но это еще не самое страшное. При исчезновении электрических зарядов мы все просто распадемся на атомы! Действительно, любое химическое соединение основывается на том, что «+» одних атомов притягиваются к «–» других атомов, и наоборот. Именно благодаря этим силам образуется кристаллическая решетка и твердые тела сохраняют свою форму. Если эти силы исчезнут, то молекулы распадутся и все мы моментально превратимся в пыль!

К тому же сами атомы тоже распадутся, ведь исчезнет притяжение между отрицательными электронами и положительным ядром. Это будет настоящий апокалипсис!

Нейтронная материя

Но и это еще далеко не все! На все тела во вселенной всегда действует гравитация. Отдельные составляющие притягиваются друг к другу, поэтому гравитация старается сжать тела. Этому обычно противостоит отталкивание электронов в атомах, так как они имеют одинаковый заряд. Но если эта сдерживающая сила исчезнет, гравитация может сжать любое тело до неимоверно микроскопических размеров. В результате мы получим настолько плотную материю, что одна чайная ложка ее будет весить как 25000 останкинских телебашен.

Такая материя называется нейтронной.

Дальнейшему сжатию препятствует отталкивание нейтронов атомов, но это силы уже другой природы, не электрической. Астрономы обнаружили в далеком космосе много объектов из такой материи и назвали их нейтронными звездами. Так что если исчезнет электричество, то мы все станем маленькими звездочками… в каком-то смысле.

Фотоны

Но все-таки увидеть красоту всей этой катастрофы мы не сможем. И не только потому, что все наши атомы развалятся. Дело в том, что все фотоны, частицы света, исчезнут!

Согласно современным представлениям, поля, электромагнитные и прочие, представляют собой концентрации виртуальных частиц. Электроны, протоны, нейтроны перекидываются виртуальными частицами и таким образом отталкиваются или притягиваются. И каждому виду поля соответствуют свои виртуальные частицы. У электромагнитного поля это фотоны, частицы света. То есть раз электромагнитное поле исчезнет, то исчезнут и фотоны, исчезнет свет. Только представьте себе это: тьма поглотит всю вселенную от края до края…

Темная материя

К счастью, электромагнитные взаимодействия вряд ли исчезнут. Экспериментально еще не удалось доказать, что они могут куда-то деться.

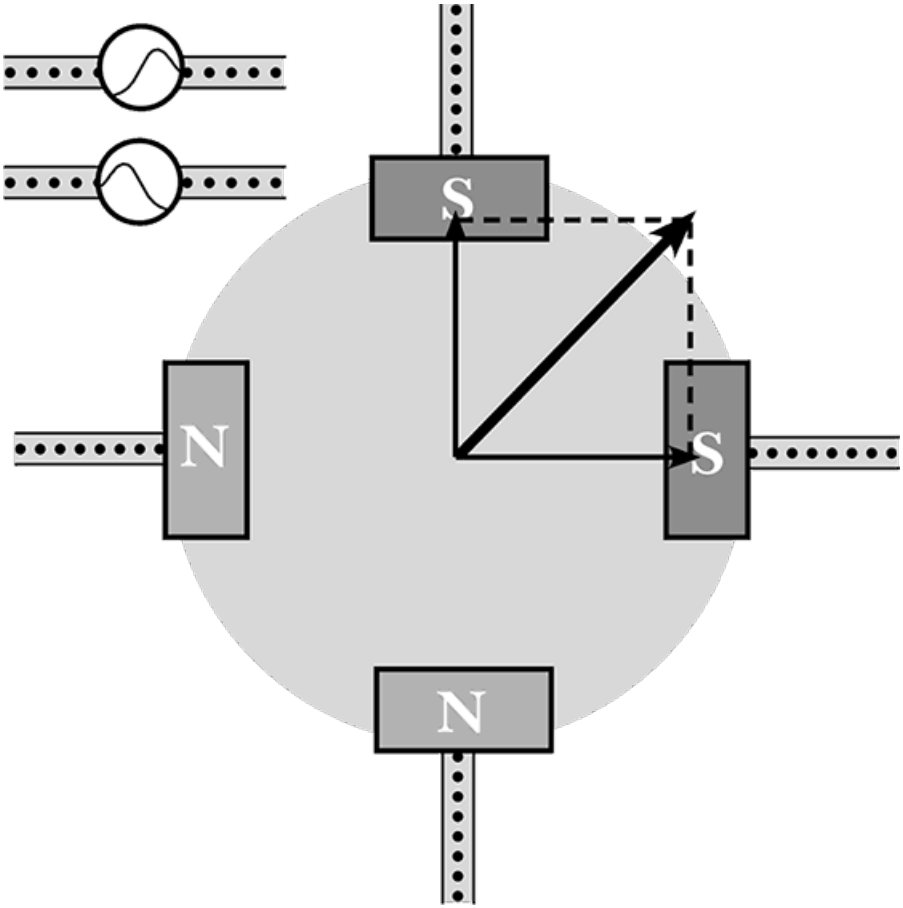
Но стоит отметить, что существует материя, которая не восприимчива к электромагнетизму. Фотоны спокойно проходят сквозь нее, она для них абсолютно прозрачна. Поэтому ее называют темной материей. Вполне может быть, что мы полностью окружены темной материей. Но ее частицы не отталкиваются и не притягиваются к нашим атомам, поэтому пролетают сквозь нас абсолютно незаметно. Ведь причина, по которой один человек не может пройти сквозь другого, – это электрическое отталкивание электронных оболочек. Более того, благодаря электричеству ни один человек не может прикоснуться к другому: поднесите ладонь к другому человеку – ваши электроны будут отталкиваться от его электронов. А вот если бы мы состояли из темной материи, электричество для нас не играло бы никакой роли. И если бы оно исчезло, мы бы взяли попкорн и с удовольствием наблюдали за этим зрелищем.

3.3. Никола Тесла: гений или шарлатан?

Только ленивый не знает Николу Теслу. Его именем называют автокомпании, музыкальные группы, видеокарты… Выдающийся изобретатель, пионер в освоении переменного электрического тока, он создал огромное количество устройств, которые мы применяем до сих пор. Но все ли его разработки были столь новаторскими и уникальными? Ведь многие идеи Теслы не были воплощены в жизнь. Что это? Жуткое стечение обстоятельств, в которые попал гениальный изобретатель, или вполне закономерный ход событий, связанный с ошибками Теслы, а может быть, даже его лукавством? Чтобы лучше понять, кем же он является, самое правильное – проанализировать его изобретения.

Двигатель переменного тока

В те времена остальные ученые исследовали более простой постоянный ток, но бурно развивающаяся промышленность торопила исследователей. Поэтому создавались электродвигатели на принципах, которые были не самыми эффективными. Упрощенно говоря, в таких двигателях постоянного тока между двух полюсов неподвижного магнита происходит вращение электромагнита, полярность которого должна постоянно меняться. Для этого по нему пускают ток в разных направлениях, используя подвижный контакт, в котором щеточки трутся о вращающиеся электроды, искрят и доставляют много хлопот.



Тесла заметил неэффективность таких машин и изобрел двигатель, основанный на другом принципе. В нем используется сразу две пары проводов с переменным током, который меняет свое направление туда-обратно. Причем колебания тока не синхронизированы. Это называется двухфазный переменный ток. При подключении тока к электромагнитам возникает два магнитных поля, полярность и направление которых постоянно меняется. Но, складываясь, они образуют единое вращающееся магнитное поле. Теперь достаточно поместить в него любой металлический предмет: в нем будут наводиться индукционные токи, и он будет послушно поворачиваться вслед за полем! Эта задумка позволила создать простой и эффективный двигатель переменного тока без искрения и прочих недостатков.

Однако Тесла не все рассчитал до конца. Оказывается, если использовать трехфазный ток, то конструкция становится еще более эффективной, да и передача энергии становится проще, ведь в сумме токи смогут давать ноль, и нужно не шесть проводов, а всего три, потому что в качестве вторых проводов

можно использовать землю! Эту систему разработал инженер Доливо-Добровольский, и именно она используется по сей день на всех электростанциях и производствах.

Переменный ток

Но все же вклад Теслы в развертывание систем переменного тока очень велик. И действительно, переменный ток намного практичней постоянного. Например, при протекании любого тока по проводам всегда присутствуют потери на нагрев. Напряжение и силу переменного тока можно легко менять с помощью трансформаторов, поэтому его можно передавать на сотни километров без ощутимых потерь. А вот с постоянным током такой фокус не получается, и эффективная дальность передачи – около полутора километров. Вы только представьте, если бы сейчас в Москве на таком расстоянии везде бы стояли небольшие электростанции. Их бы потребовалось бы около 140 штук! Вместо 15, которые есть сейчас!

Токи высокой частоты

Дальнейшие исследования Теслы по-прежнему были связаны с переменным током, но теперь – очень высокой частоты. Оказалось, что если увеличить ее до 700 Герц, то ток не проникает в глубь проводника, а течет только по его поверхности! Его можно пускать по человеку, и он не причиняет никакого вреда, так как протекает только по коже. Это называется скин-эффект.

Сейчас этим мало кого удивишь, однако в то время это давало просто ошеломительный эффект. Тесла показывал удивительные опыты, в которых в его руках зажигались лампочки без каких-либо проводов. Более того, в установках Теслы были очень сильные электрические поля. Настолько сильные, что, проникая в колбы с разреженным воздухом, они ионизировали его и заставляли светиться без контакта с каким-либо проводником! Казалось бы, это было явным предвестником беспроводной передачи энергии. Но стоит понимать, что огромное ее количество тратилось впустую и эффективность такого метода была крайне низкой.

Радио

Но Теслу это не останавливало. Продолжая наращивать частоту переменного тока, он добился уверенного приема получающихся электромагнитных волн на большом расстоянии. Например, в 1898 году он уже демонстрировал первую радиоуправляемую модель кораблика. И его по праву можно считать изобретателем радио, хотя в это время дюжина отличных ученых успешно работала в этом направлении, поэтому единоличного права на изобретение радио ему давать все-таки не стоит.

Передача энергии

Логическим продолжением исследований Теслы было увеличение мощности передаваемого сигнала и, в перспективе, передача энергии по всему земному шару без проводов! Он сооружал огромные установки, изучал грозы. Он пытался использовать проводимость ионосферы и земной поверхности, однако натолкнулся на ряд сложностей.

Во-первых, для таких масштабных экспериментов требовалось очень много дорогостоящего оборудования. Но в то время никто не хотел жертвовать огромные деньги на такие фундаментальные исследования. Хотя, наверное, логичней было скупать все технологии Теслы и патентовать их, дабы никто другой не мог их использовать.

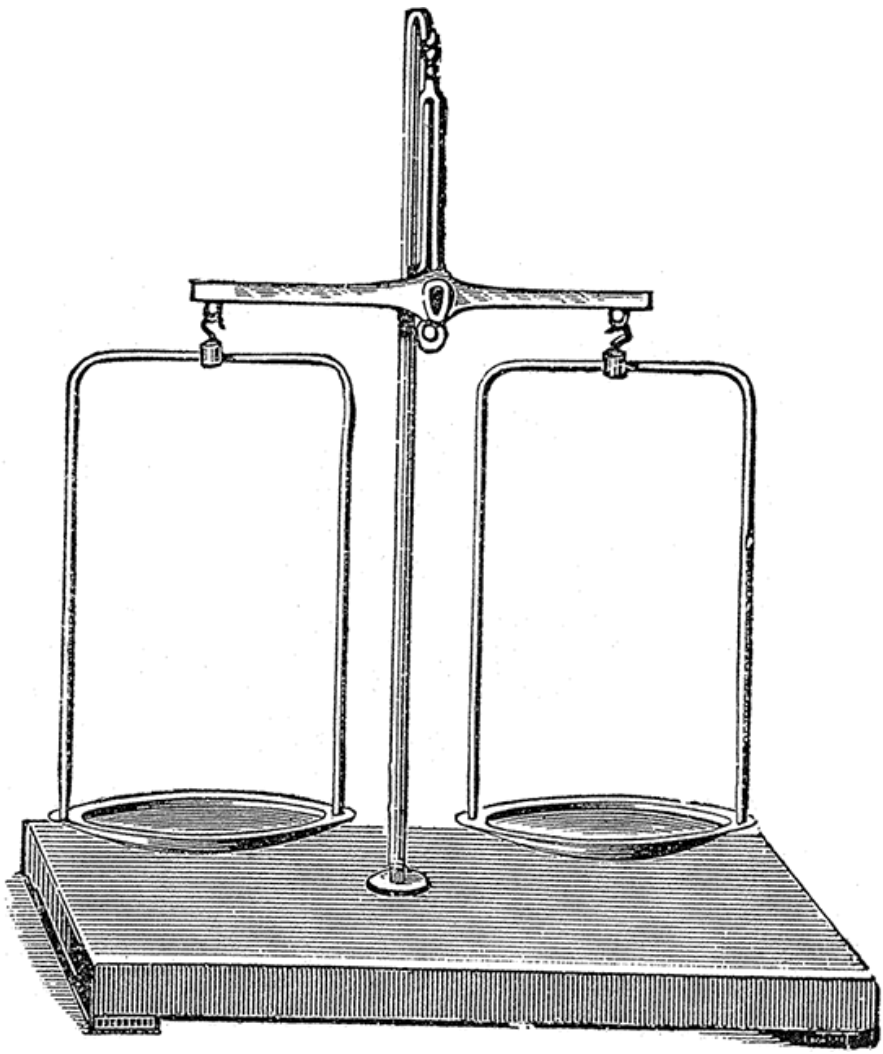
Во-вторых, Тесла, в силу своего характера, всегда работал один. У него не было команды, записей он вел мало, в основном все держал в голове. Из-за этого его деятельность быстро обрастала ореолом таинственности и загадочности.

Ну и в-третьих, вполне возможно, что он ошибался. Известно, что стоячие волны не переносят энергию. В своих наблюдениях он мог путать их с результатом интерференции обычных бегущих волн. Он пользовался своей логикой, уподоблял поля некой вязкой среде, что является не вполне верной аналогией, так что, начиная с каких-то масштабов, его суждения давали неверные предсказания.

Как видим, на протяжении всей исследовательской деятельности Тесла не изобрел ничего революционного. Все его идеи были эволюционными, и в то или иное время на земле находился ученый, который независимо от него исследовал ту же область. И если бы Тесла изобрел действительно что-то грандиозное, но ему помешали бытовые проблемы, то, без сомнения, другие ученые нашли бы способ реализовать это. Так что, скорее всего, неосуществленные планы Теслы –

это результат его ошибки. Он очень красиво описывал открывающиеся перспективы своих изобретений, но не смог воплотить их в жизнь. Возможно, тогда и появилось недоверие к нему.

Гений Теслы в другом. В том, что поле его научной деятельности настолько широко, что он мог один заменить десятку лучших физиков тех времен! И тех изобретений, которые удалось реализовать, достаточно, чтобы утверждать, что Тесла – гениальный изобретатель своего времени, сделавший наш мир лучше.

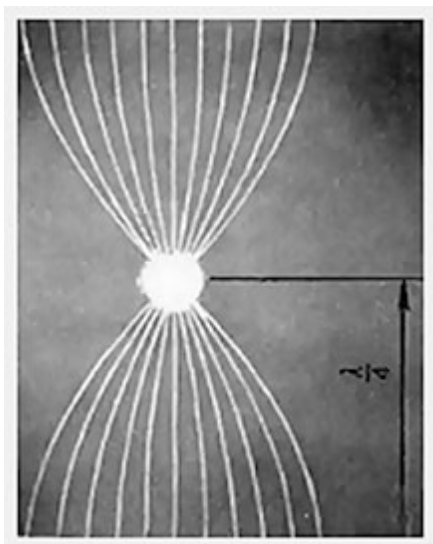


3.4. Что такое шаровая молния?

Всем известно, что шаровая молния – это светящийся шар, который возникает в грозовую погоду, имеет в диаметре около 30 сантиметров и может двигаться по непредсказуемой траектории в течение нескольких десятков секунд.

Но на самом деле физики до сих пор не знают, что же такое шаровая молния. Сложность ее изучения заключается в том, что невозможно понять, где и когда она появится. Ее невозможно воспроизвести в лабораторных условиях, и поэтому приходится опираться только на свидетельства очевидцев.

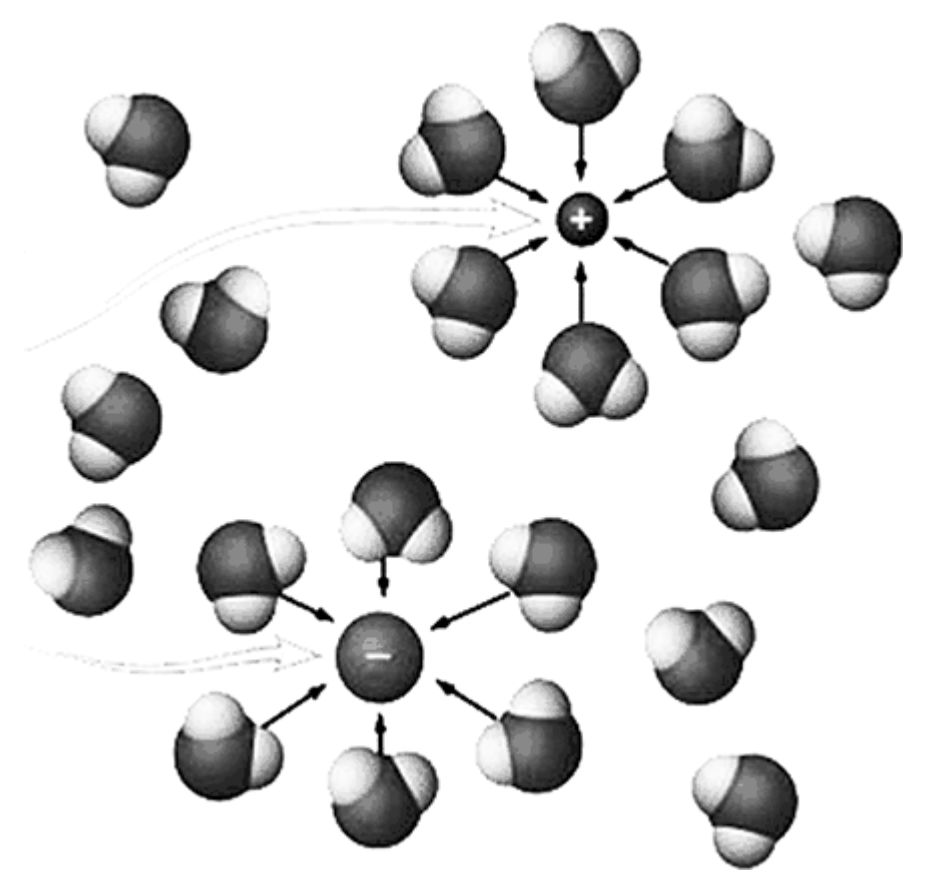
Существует более 400 теорий, описывающих шаровые молнии. Среди них есть такие, как козни дьявола, происки инопланетян, маленькие светящиеся феи, галлюцинации. Давайте их отбросим и рассмотрим лишь самые основные.



Одну из гипотез предложил Петр Леонидович Капица, советский физик, нобелевский лауреат. В ней утверждается, что шаровая молния появляется в пучности стоячей электромагнитной волны, которая возникает в результате грозовой активности. Действительно, если волна падает на поверхность, то при отражении гребни волн могут наложиться друг на друга, и тогда возникнет стабильная, не меняющаяся во времени, так называемая стоячая волна. В стоячих волнах есть области, которые называются пучность (только наоборот, на картинке помечен узел – самое узкое место, а надо пометить

самое широкое. Это и будет пучность). В таких областях очень высокое электрическое поле, и может возникнуть очень сильно ионизированная плазма, которую мы и называем шаровой молнией. По этой гипотезе шаровая молния подпитывается энергией электромагнитной волны, именно поэтому она может так много излучать.

Согласно другой гипотезе, шаровая молния берет энергию не из электромагнитной волны, а из химических реакций. По этой теории шаровая молния состоит из оксидов азота и озона. Внутри молнии происходят химические реакции. Однако по грубым подсчетам этой энергии не хватает для того, чтобы молния светилась так ярко. Так что наиболее состоятельной выглядит теория, в которой шаровая молния является плазмой, то есть положительными и отрицательными ионами, которые образуются в результате удара обычной молнии. В этом случае положительные и отрицательные ионы постоянно соединяются вместе и нейтрализуют друг друга. Это называется рекомбинацией. И по подсчетам, этой энергии хватает для того, чтобы шаровая молния достаточно ярко светилась.



Но есть одна проблема. Если все ионы будут перемешаны равномерно, то рекомбинация будет происходить за 1 миллиардную секунды. Вы только представьте, насколько это быстро! Но из этого затруднения был найден выход. Давайте представим молекулу воды. В ней кислород перетягивает на себя электроны, и она с одной стороны становится отрицательной, а с другой положительной. Поэтому они начинают притягиваться к положительным и отрицательным ионам, которые уже содержатся в шаровой молнии, окружают их и образуют вокруг них что-то вроде шубы. Эта водяная шуба препятствует рекомбинации ионов, поэтому очень сильно замедляет процесс.

Но из каких именно веществ состоит шаровая молния? Ответ на это может дать фульгурит. Когда обычная молния попадает в песчаный грунт, из-за высокого нагрева песок может расплавиться и при последующем охлаждении застыть в виде трубочки. Это и есть фульгурит. Их очень часто находят, и самое главное, что они внутри полые. То есть внутри них может образоваться газ, это оксид кремния, и он может вырваться наружу и образовать шаровую молнию. Более того, в 2012 году китайские ученые смогли заснять 1,5 секунды полета шаровой молнии. Благодаря прибору, на который производилась съемка, они смогли разложить свечение шаровой молнии в спектр и узнать, из каких веществ она состоит. Оказывается, что шаровая молния, помимо азота, содержит еще железо, кальций и кремний, которые в большом количестве присутствуют в почве. И это подтверждает, что шаровая молния состоит из веществ почвы, которые испаряются в результате удара обычной молнии.

Конечно же, в реальности все может быть по-другому, ведь это хоть и подробная, но все-таки гипотеза.

3.5. Топ-5 заблуждений о молниях

Обычные молнии не менее интересны, чем шаровые. Только посмотрите на них – как они красивы в замедленной съемке! Хотя молнии – явление достаточно привычное, но относительно него существуют распространенные заблуждения. Рассмотрим некоторые из них.

Заблуждение № 1

Многие считают, что молния – это единственное электрическое явление в атмосфере. Но и сама атмосфера наэлектризована до 400 000 Вольт. Более того, на открытом пространстве, на расстоянии между пятками и носом человека, может действовать напряжение 200 В. Но человек – это хороший проводник. Поэтому электрическое поле как бы огибает человека и не оказывает на него практически никакого влияния.

Некоторые электрические явления очень красивы. Например, огни святого Эльма. Они возникают на концах острых объектов, на линиях электропередачи. Дело в том, что чем тоньше острие, тем сильнее искривляется и, как следствие, усиливается электрическое поле. И в этой области возможна ионизация газа, который светится. А всего лишь 25 лет назад были открыты новые виды молний, которые возникают выше грозовых туч – эльфы, джеты, спрайты. Они могут быть огромных размеров и простираться до высоты 200 километров. Эти виды молний очень слабо изучены.

Возможно, есть еще какие-то электрические явления, о которых мы пока что даже не знаем.

Заблуждение № 2

Всем кажется, что молния бьет из облака в землю, хотя на самом деле все совсем наоборот. Давайте представим себе, как возникает молния. Между землей и заряженным грозовым облаком может быть напряжение до миллиарда вольт. Когда начинается молния, из облака выходит ступенчатый лидер. Мелкими шажками со скоростью 50 тысяч километров в секунду он пробирается к земле, останавливаясь каждые 50 метров и постоянно меняя направление. Можно сказать, что это электроныразведчики, которые слабо светятся и прокладывают

путь для основного разряда. И когда они доходят до земли, обратный разряд устремляется из земли в облако. Электроны начинают двигаться, но не все одновременно, а как автомобили на светофоре – один за другим. Эта волна движения распространяется снизу вверх, и поэтому свечение движется от земли к облаку.

Заблуждение № 3

Еще один интересный факт: оказывается, молния может убить не только при прямом попадании. Когда молния попадает в землю, она расходится в разные стороны. Поэтому электрический ток может ответвиться от земли и пройти по человеку, который стоял рядом. Но электрический ток, проходящий по человеку, зависит от расстояния между его ногами. Поэтому, если человек просто стоит на земле, то ток очень слабенький и не может его убить. А вот лошади или коровы часто гибнут от молний, потому что между передними и задними ногами проходит очень сильный ток. Так что во время грозы не надо тренировать шпагат или ложиться на землю. Лучше принять самую безопасную невысокую позу: сесть на корточки.

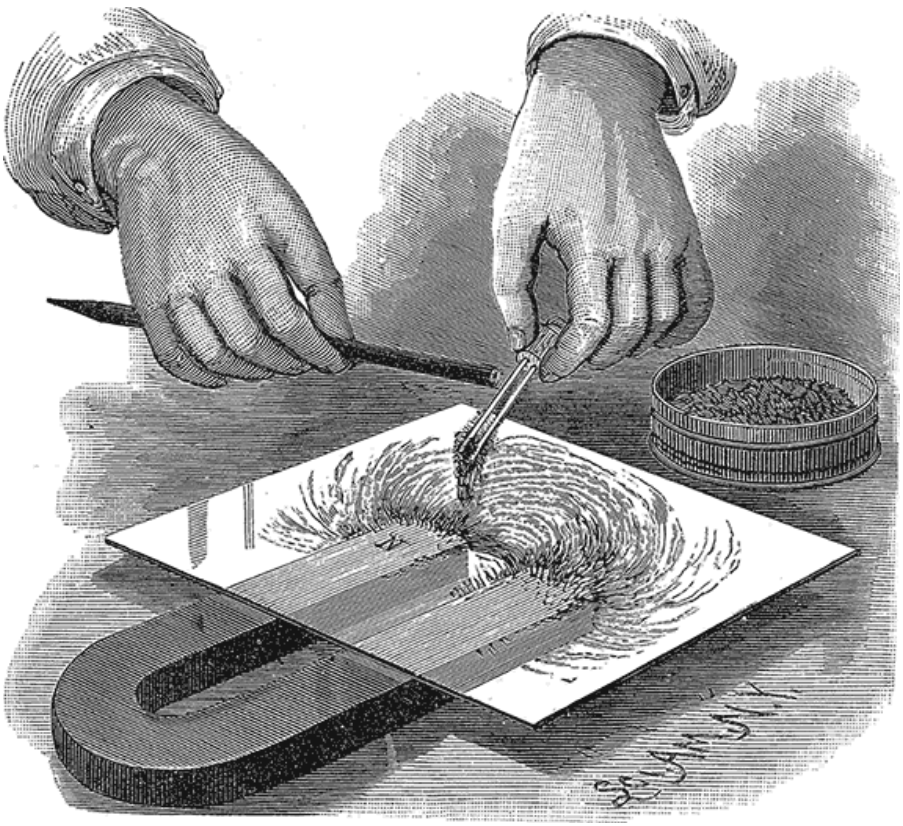
Заблуждение № 4

Еще одно интересное наблюдение. Многие считают, что после молнии мы всегда должны слышать гром. Но это не так. Молнии дальше 25 километров не слышно. Давайте представим себе звуковую волну. Она, подобно световой волне, может преломляться. Во время грозы это происходит на стыке теплого и холодного воздуха. Звук от молний меняет свое направление и не доходит до нас, а движется вдоль поверхности земли, постепенно угасая.

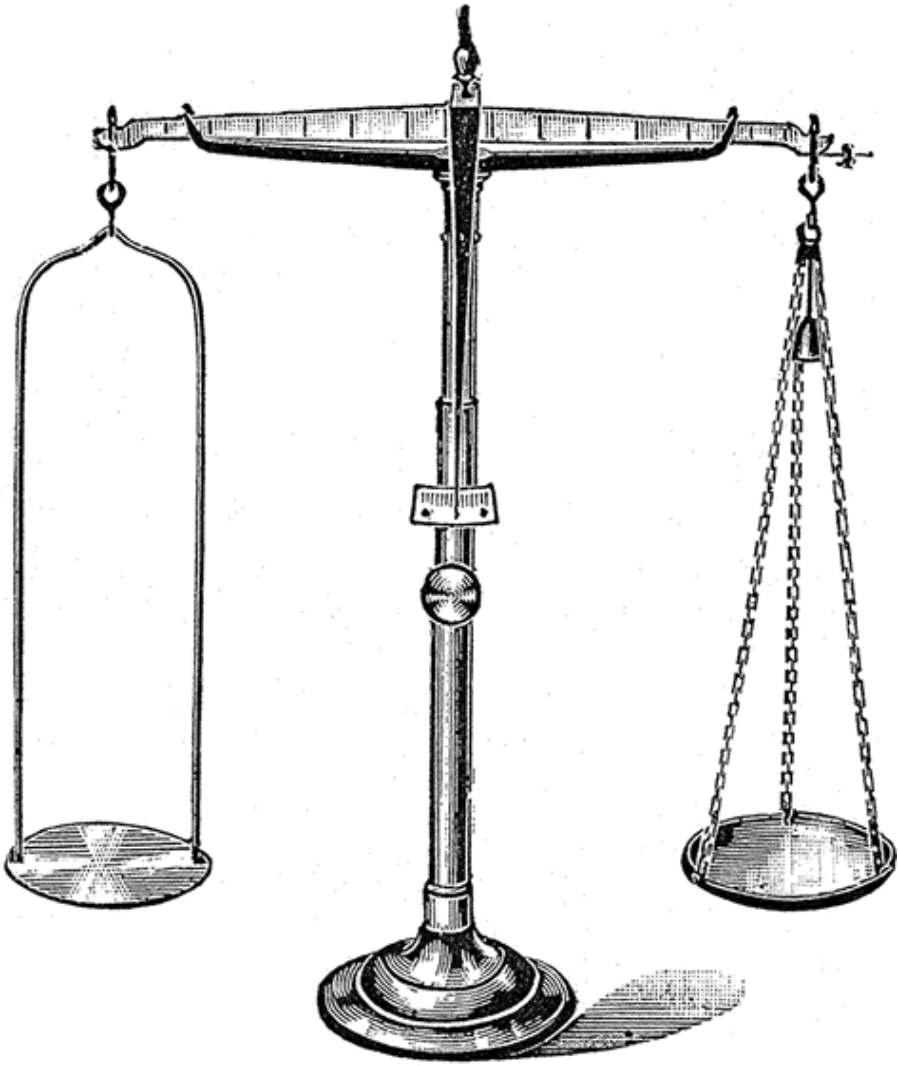
Заблуждение № 5

Многие считают, что молния не может бить в одно и то же место два раза. Но, во-первых, молния может многократно бить по одному и тому же каналу. Именно поэтому они и мерцают. А во-вторых, например, в Останкинскую башню молния бьет до 50 раз в год, ведь башня работает как огромный молниеотвод. Принцип работы молниеотвода такой: он очень острый, поэтому

с него постоянно стекают электрические заряды, область вокруг него становится менее заряженной, и вероятность попадания молнии уменьшается. Но если уж молния и попадет в него (а такое бывает), то электрический ток уйдет в землю, потому что молниеотвод хорошо закопан. Так что молния при этом не причинит никакого вреда.



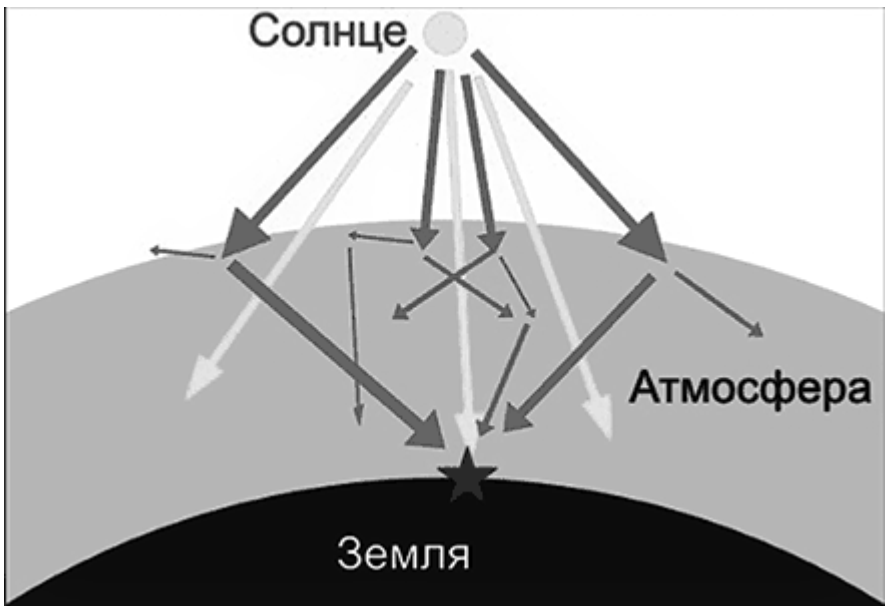
4. Наш дом родной, планета наша



4.1. Почему небо голубое?

Почему небо голубое, если воздух прозрачный? Почему на каком-то удалении появляется синева, откуда она берется?

Этот эффект обеспечивают несколько факторов. Первый из них – это рассеивание света. Мы знаем, что свет представляет собой электромагнитные волны. Причем каждому цвету из спектра соответствует строго определенная частота. Белый солнечный свет – смесь всех этих цветов. И когда он попадает в атмосферу, то начинает рассеиваться, то есть немного менять направление. Но законы рассеивания таковы, что чем больше частота, тем сильнее отклонения лучей. Получается, что красный, оранжевый, желтый оттенки проходят атмосферу практически по прямой. А вот голубые, синие, фиолетовые лучи рассеиваются намного сильнее. Поэтому они начинают путешествовать в атмосфере, постоянно меняя направление. Соответственно, если мы смотрим не на солнце, то именно эти лучи-путешественники и должны приходить нам в глаза со всех сторон.



Можно привести аналогию с шариками разных размеров, которые скатываются с наклонной ребристой поверхности. Более крупные шарики движутся по ней практически по прямой. Более мелкие начинают рассеиваться и немного менять направление движения.

Но почему небо не фиолетовое? Ведь рассеивается сильнее

всего именно этот оттенок. Вот тут сказывается второй фактор: в солнечном спектре разные цвета имеют разную интенсивность. Что касается фиолетового, то его интенсивность меньше, чем голубого или синего. Именно поэтому в атмосфере наибольшее количество рассеянных лучей именно голубого оттенка. Что касается закатного, красного неба, то в таком случае лучи падают по касательной к поверхности земли и проходят огромную толщу атмосферы, настолько большую, что слабенькое рассеивание красных оттенков уже дает о себе знать. Именно поэтому небо имеет такой цвет, несмотря на то, что воздух прозрачный.

Кстати, облака тоже должны быть прозрачными, ведь они состоят из воды. Но мы видим, какие они белые. Это происходит опять же из-за рассеяния. Однако облака состоят из более крупных частичек, микроскопических капелек жидкости, и поэтому рассеиваются абсолютно все оттенки: от красного до фиолетового. Ну а при смешивании они дают белый цвет.

И раз уж мы заговорили о спектре солнца, то нужно понимать, что оно испускает и радиоволны, микроволны, ультрафиолетовое, инфракрасное излучение и даже немного рентгеновского. Так что видимое излучение – это всего лишь маленькая часть того, что излучает наше светило. Все это электромагнитные волны, и они обладают такими же свойствами, как и обычный свет.

Но вот почему на нашей планете вообще нет существ с чисто инфракрасным зрением? Или, например, с ультрафиолетовым? Во всем виновата эволюция. Если вы посмотрите на интенсивность солнечного света во всем спектре, то окажется, что самым ярким является зеленый свет. И живые существа в процессе естественного отбора приспособились к самому яркому излучению, которое падает к нам от солнца. Именно эти электромагнитные волны и стали видимым диапазоном спектра.

4.2. Как возникает полярное сияние?

Повезло тому, кто хоть раз видел яркое, завораживающее полярное сияние. Кажется, что словно природа рисует на небе невидимой кистью светящиеся полосы. Это удивительная игра света, на все небо – от края до края! Это самое удивительное световое шоу, которое только можно увидеть на Земле. У него нет аналогов. И самое главное, оно притягивает своей эксклюзивностью, тем, что только в холодных, суровых областях у вас есть возможность любоваться полярным сиянием довольно часто. И, конечно, шарма полярному сиянию добавляют льды и снега полярных областей, которые получили эксклюзивное право на трансляцию этого явления.

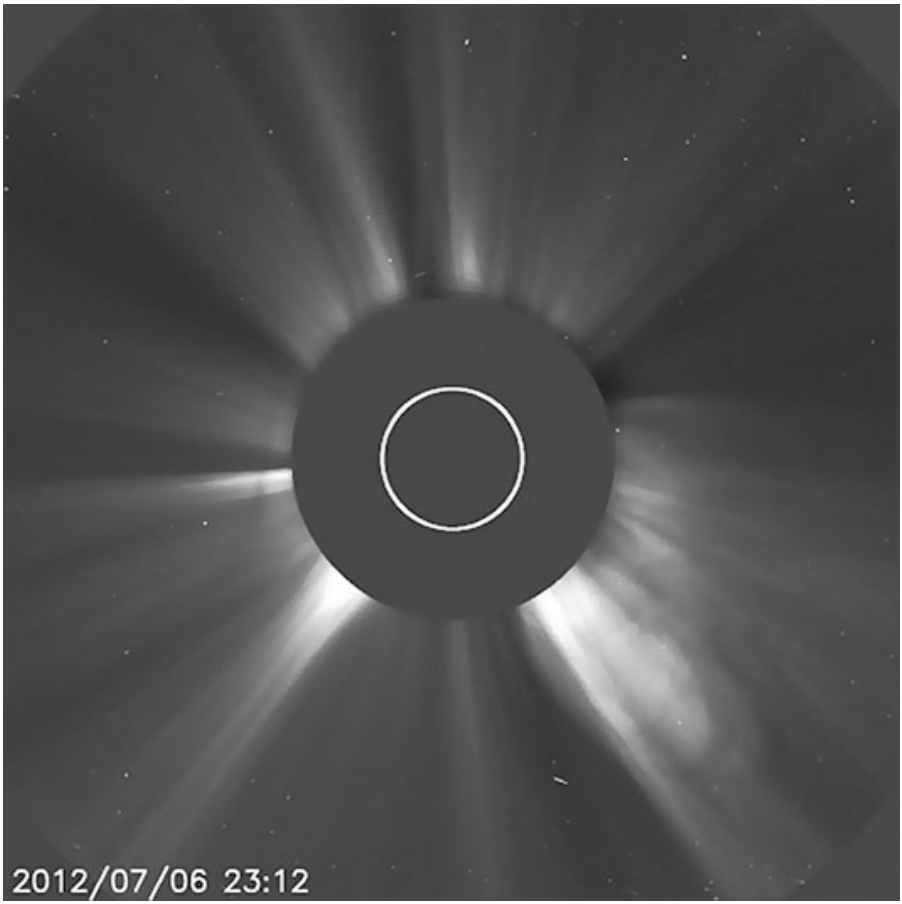
Но не всегда это сияние такое уж и полярное. Ведь совсем недавно мы могли наблюдать полярное сияние даже в Москве и других городах средних широт. Более того, непосредственно на полюсах оно бывает не очень часто. Так как же оно образуется и какие у него особенности?

Наша планета – удивительный везунчик, ведь для полярного сияния нужно два фактора: наличие атмосферы и магнитного поля. Они есть только у Меркурия, Земли, Юпитера, Сатурна.

Полярное сияние – это удивительное сочетание солнечной активности, магнитосферы Земли и воздействия всего этого на атмосферу.

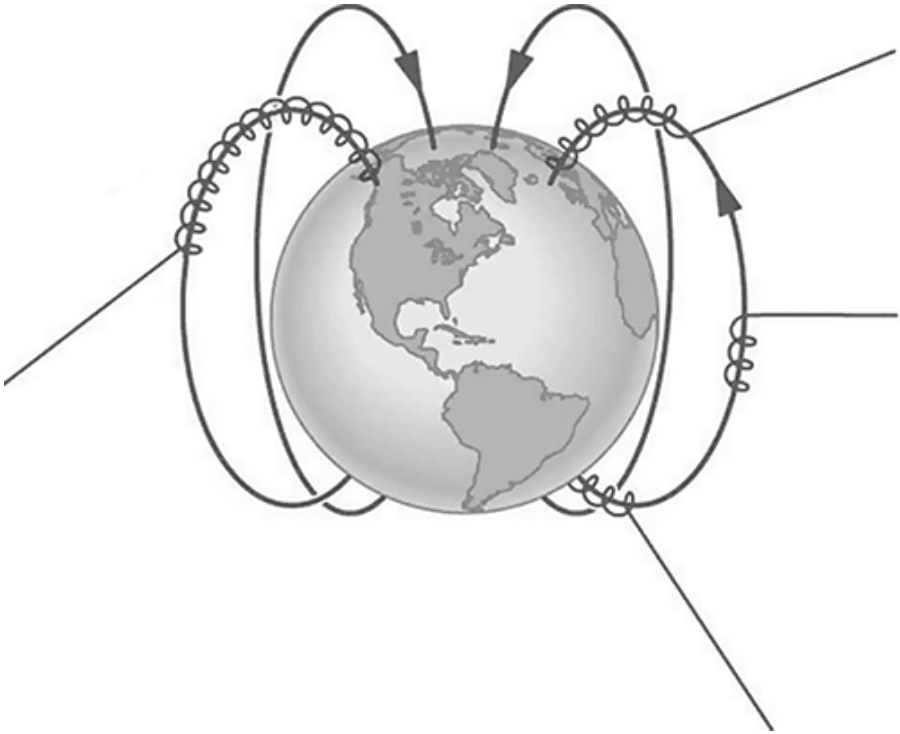
Просто удивительно, насколько красиво, элегантно и гармонично устроена природа, как простейшие законы физики приводят к возникновению поистине поразительных явлений… Но обо всем по порядку.

Полярные сияния возможны благодаря тому, что Солнце испускает в пространство огромное количество не только излучения, но и вещества. От него непрерывно, с невероятной скоростью, отлетает бесчисленное количество протонов и электронов. Это явление называется солнечный ветер. По сути это плазма, но только светится она слабо, так как достаточно разреженная.



Иногда Солнце перебарщивает и выплевывает огромные кучи вещества. Это уже не просто небольшая вспышка. Через два-три дня полета все это вещество достигает Земли. При этом скорости у частиц разные, они обладают разной энергией, и вот тут начинается самое интересное. Они захватываются магнитным полем Земли, которое по структуре похоже на кочан капусты или лук и представляет собой множество магнитных оболочек.

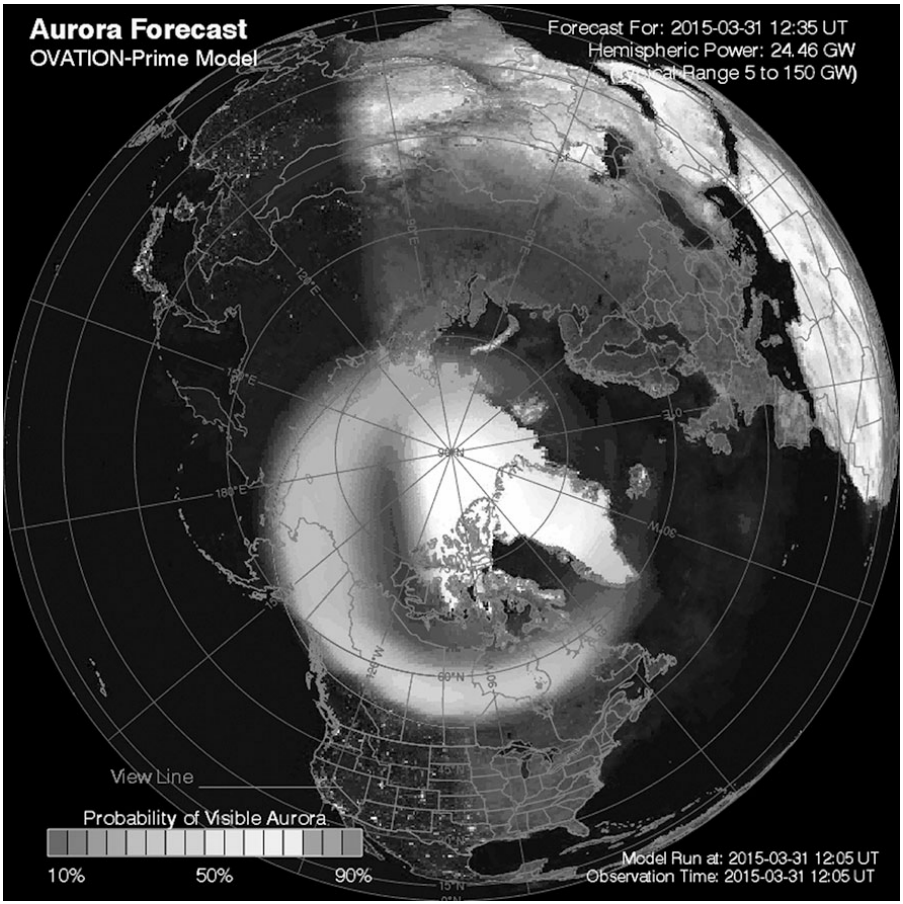
Каждый одиннадцатиклассник должен знать, что на заряженные частицы в магнитном поле действует сила Лоренца, под воздействием которой они начинают заворачивать и двигаться по спирали. Получается, они как бы наматываются на линии магнитного поля и начинают двигаться к полюсам. Это чем-то напоминает макароны. Причем шаг винтовой линии зависит от силы поля: чем ближе к полюсам, тем оно сильнее и шаг меньше. В какой-то момент частица может остановиться и полететь обратно, закручиваясь вокруг линии магнитного поля. Таким образом она оказывается в ловушке и начинает колебаться около Земли в космосе.



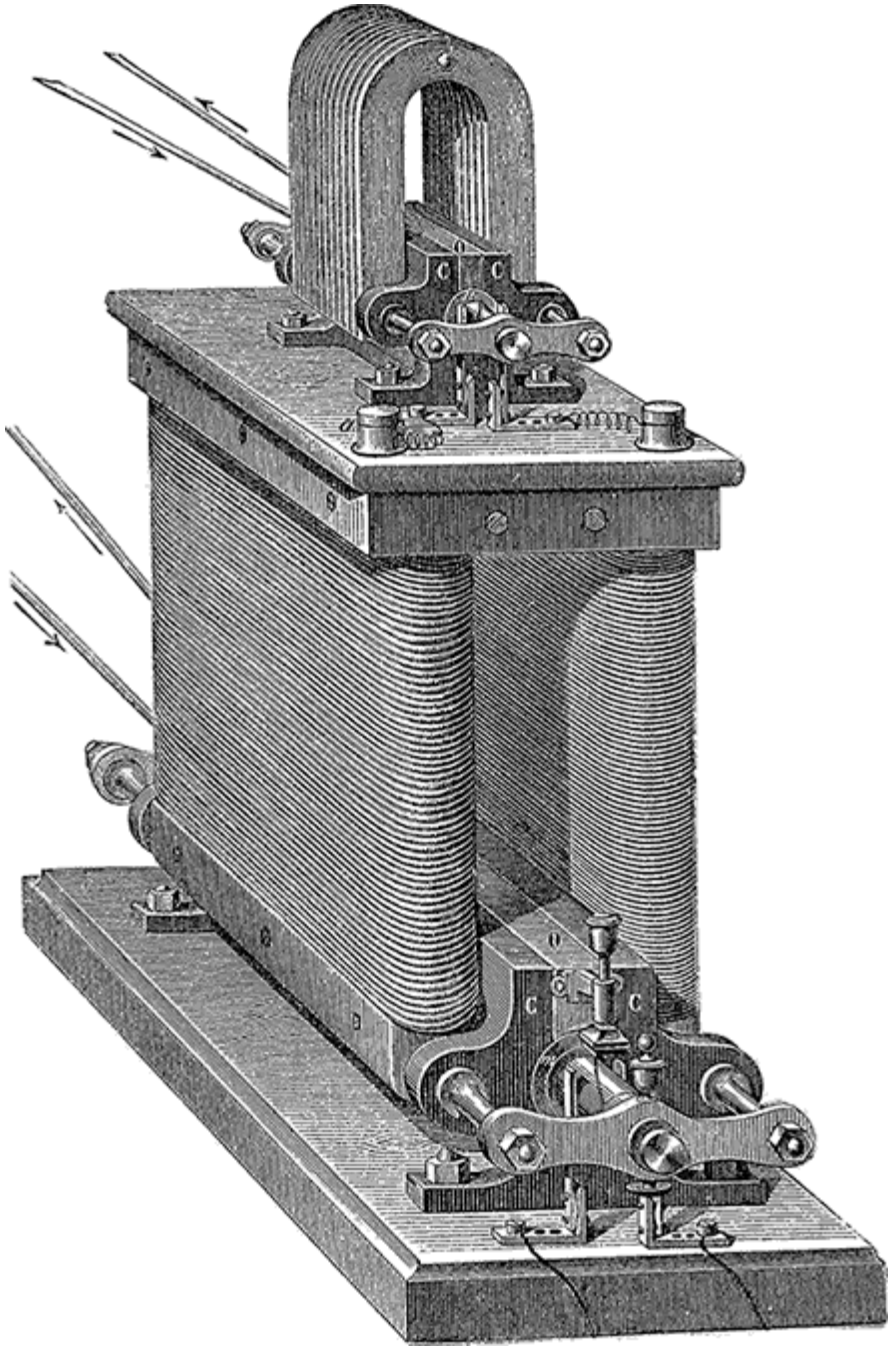
Оказывается, что Земля просто опоясана такими областями, где частицы попали в западню, словно Индиана Джонс в комнате со сдвигающимися стенами. Это радиационные пояса. Таких поясов, как минимум, два. В ближнем к нам – самые быстрые частицы, но они не доходят до атмосферы и колеблются пока еще в космосе. Подальше – пояс с частицами помедленней. Его края находятся уже поближе, но все равно не касаются атмосферы.

Есть и третий пояс. На самом деле его не существует, потому что его края – в атмосфере, и когда частица попадает в этот пояс, она, дойдя до края, попадает в атмосферу. Зона вхождения этого пояса квазизахвата, как его называют, лежит на широте около 60–70 градусов. Там и наблюдают максимум сияний. Существуют сайты в Интернете, где можно онлайн отследить интенсивность сияний. А вот непосредственно на полюсах сияний мало, так как очень мало частиц с такими маленькими энергиями.

Когда частицы попадают в атмосферу, они летят с большой скоростью. Сшибая на своем пути атомы, они переводят их в возбужденное состояние, в котором у них есть излишек энергии. Долго атомы в таком состоянии не находятся и через доли секунды сбрасывают эту энергию в виде фотонов. Так что, видя полярное сияние, помните, что вы видите свет, созданный частицами солнца.



На разных высотах состав атмосферы разный, разные газы имеют разные энергии возбуждения, поэтому и цвет получается разный. В основном это зеленый (благодаря кислороду, азоту), но бывает и красный, и синий и так далее.

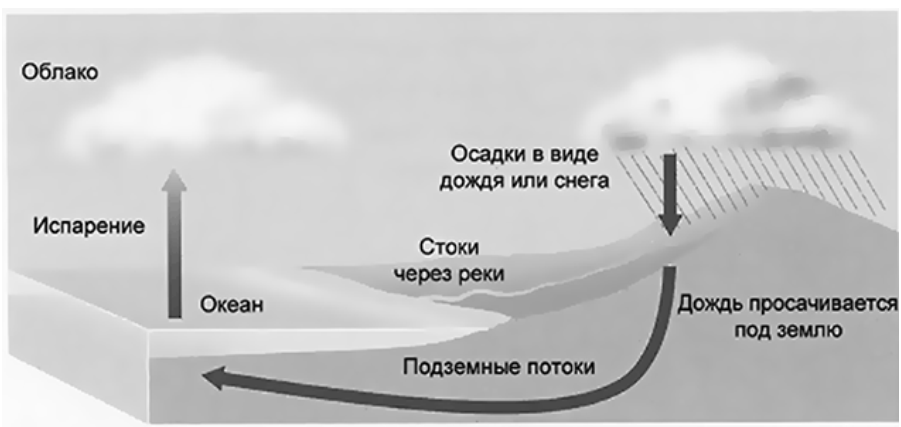

C
C
C
C
C
C

4.3. Разгон туч перед парадом

Приятно, когда за окном лето, каникулы, хорошая погода, солнце. Но дождливые дни тоже иногда случаются. И как же иногда хочется управлять погодой и подстраивать ее под свое настроение! Что ж, при сильном желании и большом количестве денег нет ничего невозможного.

Ни для кого не секрет, что в крупных городах перед большими праздниками разгоняют тучи, чтобы была ясная и солнечная погода. Но как это делают? Все очень просто. Есть большие самолеты с огромными руками. Они летают вокруг города и отодвигают тучи!..

Нет-нет, конечно же, такого не бывает. На самом деле тучи не разгоняют, а осаждают, то есть заставляют их выпасть в виде дождя где-то вдалеке, благодаря чему облако исчезает. Но как заставить тучу выпасть в виде осадков?

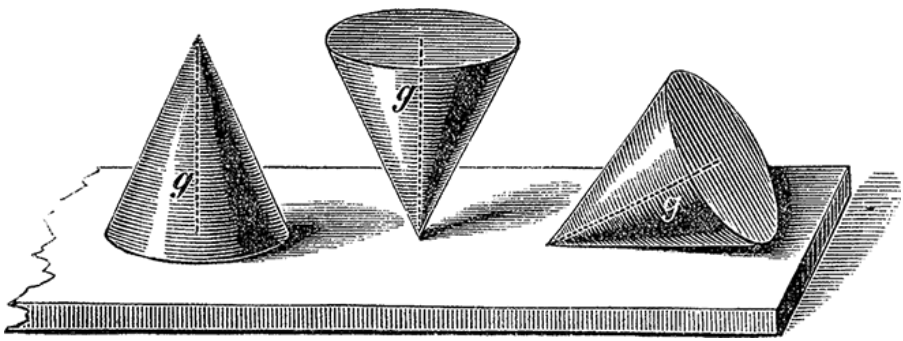


Давайте разберемся, как образуются облака. В воздухе постоянно присутствует влага, невидимые водяные пары, которые испаряются с поверхности озер, океанов, луж. Эти водяные пары поднимаются вверх и конденсируются. В результате конденсации образуются микроскопические капельки жидкости, которые рассеивают свет. Возникает некий туман, это и есть облако. Но конденсация не может происходить просто так, при понижении температуры. Для этого нужны какие-то пылинки, взвешенные частички в воздухе, вокруг которых и образуется микрокапелька. Ну и конечно же, вокруг маленьких пылинок образуются настолько маленькие микрокапельки, что восходящие потоки воздуха не дают им упасть. Поэтому облако держится на плаву.

ЖИДКИЙ АЗОТ
$t_{кип} = -196$ °C

СУХОЙ ЛЕД
$t_{субл} = -78$ °C

Если мы хотим, чтобы облако расплакалось, у нас есть два способа. Первый способ – это посыпать облако какими-то крупными частицами. Дешевый вариант – это цемент в виде порошка, более дорогой вариант – это йодистое серебро. В результате на этих крупных частицах образуются большие капли, которые выпадают в виде дождя. И второй способ – это охлаждение облака для усиления естественной конденсации. Для этого в туче распыляют жидкий азот или сухой лед. Эти вещества обладают очень низкой температурой, и общая температура в облаке немного понижается. Этого понижения достаточно для того, чтобы образовывались более крупные капли, которые выпадают в виде дождя. Ну и, конечно же, цена вопроса. Самый простой способ – это закидать все цементом, однако образующийся дождь получается очень грязным и противным. А вот качественный разгон облаков стоит около 2,5 миллиона долларов.



4.4. Народные приметы о погоде. Миф или правда?

Существует огромное множество народных примет о погоде. Некоторые из них появляются благодаря многолетним наблюдениям и обобщению фактов. Некоторые – просто шуточные фразы, не имеющие ничего общего с действительностью. Давайте рассмотрим самые известные и найдем им физическое подтверждение.

Ласточки низко летают – к дождю

Стандартное объяснение таково. Ласточки – насекомоядные птицы. В основном они любят охотиться на мух и комаров, залетая в их рой и выхватывая их на лету. Перед дождем влажность воздуха повышается, на крылышках насекомых начинают конденсироваться маленькие капельки, насекомым становится тяжелее летать, и они опускаются к земле. Вероятно, чтобы делать частые передышки. Соответственно ласточки устремляются за ними и летают на небольшой высоте.

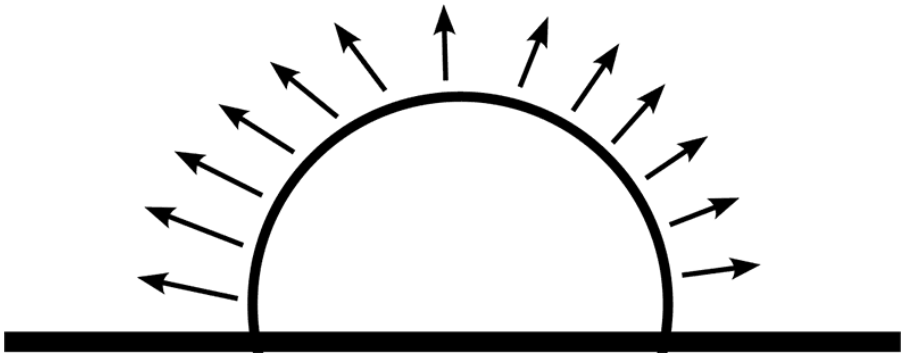
Но, во-первых, влажность может меняться и по другим причинам, не только из-за приближающегося дождя. А во-вторых, недавние исследования с помощью замедленной съемки показали, что при полете мух и комаров вокруг крылышек образуются микровихри, эффективно стряхивающие маленькие капельки. А комары даже не боятся дождевых капель и могут пролетать их насквозь! Так что эта примета не больше чем миф, хоть и очень красивый.

Пузыри на лужах – к долгому дождю

Вот тут посложнее. Дело в том, что пузыри на лужах образуются всегда. Только вот время жизни у них всегда разное. Иногда они очень быстро исчезают, и мы не успеваем их заметить. Но иногда они держатся очень долго. Почему же так?

Разница эта зависит от влажности. Когда образуется пузырь, с его поверхности сразу начинает испаряться влага. Если влажность небольшая, то испарение происходит очень интенсивно, стенка пузыря быстро становится тонкой, и он практически сразу лопается, ускользая от нашего взора.

Соответственно при большой влажности испарение происходит слабо, и пузырь живет намного дольше, в течение нескольких секунд.

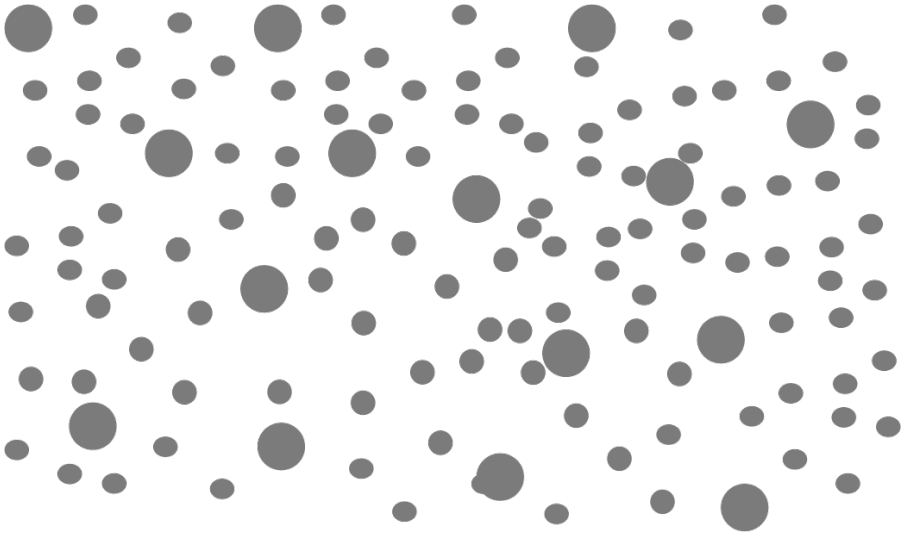


Значит, длительность дождя зависит от влажности. Действительно, короткий дождь выпадает из небольшой тучи, которая быстро появляется, быстро выплакивает дождь, быстро исчезает. Поэтому влажность не успевает подняться. Но длительные дожди проливаются под большой тучей, под которой влажность уже успела подняться. Так что пузыри на лужах – это действительно верный признак длинного дождя.

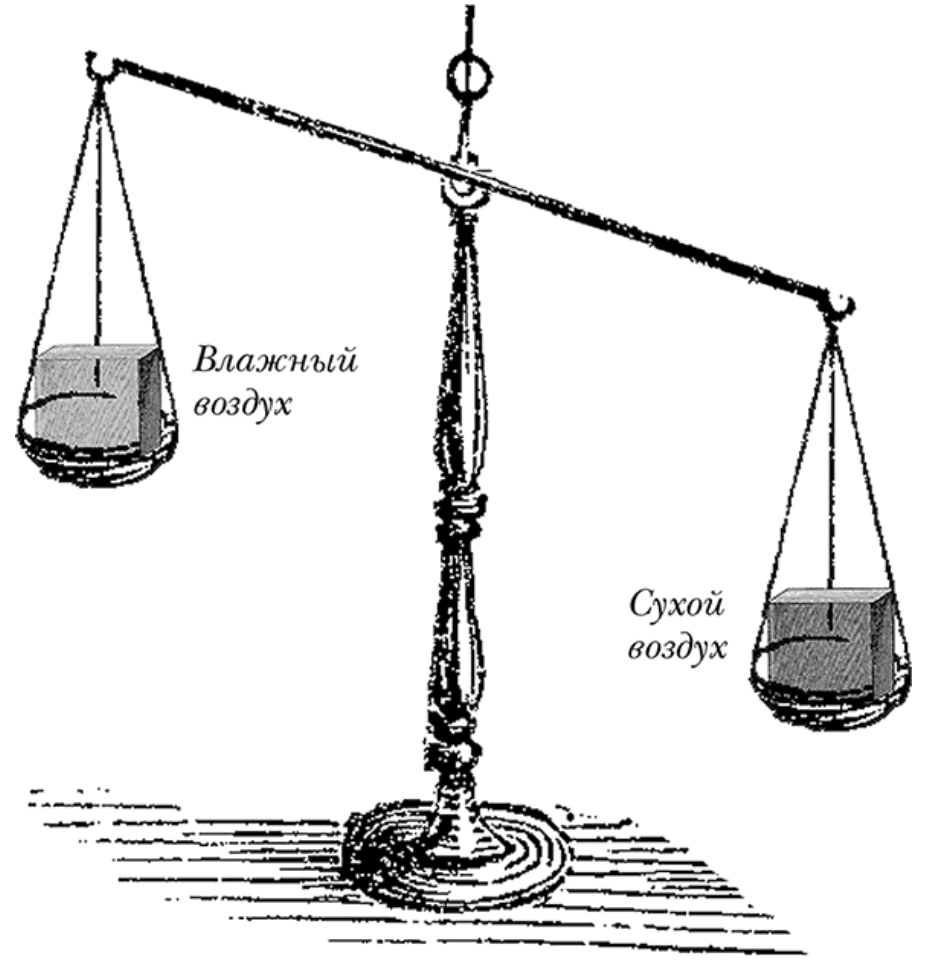
Дым стелется по земле – к дождю

Достаточно известная примета со следующим простым объяснением. Перед дождем влажность воздуха более или менее повышается, поэтому на частичках дыма конденсируется влага. В таком случае дым становится тяжелее, поэтому стелется по земле, а не поднимается ввысь.

Скорее всего, это неправильное объяснение, ведь частицы дыма наверняка горячее воздуха, поэтому конденсация на них будет затруднена. При конденсации выделяется скрытая теплота фазового перехода из газа в жидкость, что только увеличивает температуру дыма. К тому же конденсированный пар не всегда тяжелее воздуха. Например, пар из чайника очень легок и быстро устремляется вверх.

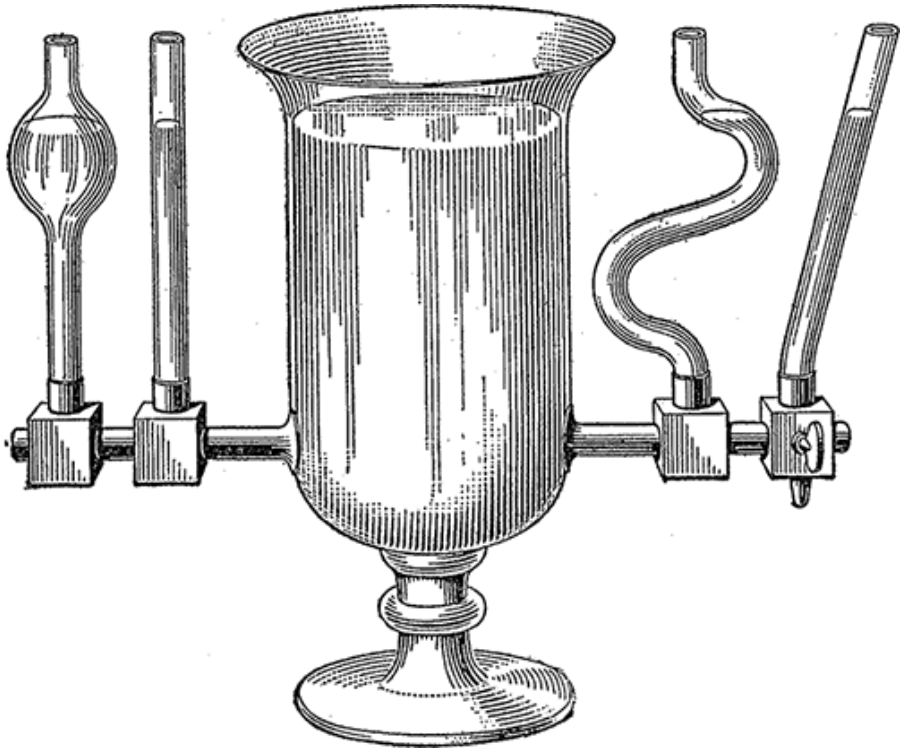


Однако эта примета работает, значит, у нее должно быть какое-то объяснение. Дело в том, что плотность у сухого и у влажного воздуха отличается. И при одинаковом давлении и температуре влажный воздух будет легче, чем сухой, как бы странно это ни казалось. Все дело в том, что масса молекулы воды меньше, чем молекулы кислорода и азота, из которых состоит воздух. Поэтому при увеличении влажности в одном кубометре воздуха доля легких молекул воды будет расти и этот кубометр будет легче!



Обычно дым поднимается вверх по простому закону Архимеда. Он горячее, легче, поэтому сила Архимеда выталкивает его вверх. Но если сам воздух становится легче, то выталкивающая сила уменьшается и дыму ничего не остается, кроме как стелиться по земле. Грубо говоря, теперь воздух и дым поменялись ролями: дым стал тяжелее воздуха, поэтому стелется по земле. Примета доказана!

Кстати, раз влажный воздух легче, то этим можно объяснить уменьшение атмосферного давления перед дождем. Ведь оно обуславливается тяжестью столба воздуха, нависающего над нами. Понижением давления объясняется чувствительность суставов, зубов, головные боли, сонливость перед дождем. Во всем виновато давление!



4.5. Почему жара так утомительна?

Жара вызывает чувство сонливости и усталости. Почему это происходит?

Температура человеческого тела около 37 градусов Цельсия. И при температуре воздуха 30 градусов человеческое тело должно охлаждаться, ведь тепло переходит от более горячего тела к более холодному. Но мы почему-то чувствуем совсем противоположное: при такой температуре воздуха нам жарко.

Дело в том, что человек теплокровен, и он может вырабатывать тепло внутри себя для поддержания постоянной температуры тела. В холодную погоду нам это очень сильно помогает, ну а в жаркую погоду мы от этого немного страдаем. Тогда почему мы не можем выключить свою внутреннюю печку и довольствоваться только окружающей теплотой?

Давайте представим: даже если нет физической и умственной нагрузки, в организме происходят реакции катаболизма, в ходе которых сложные вещества переходят в более простые, а их организм использует в качестве источника энергии. Конечно же, эти реакции неидеальные, и КПД далеко не 100 %, поэтому очень много энергии теряется в виде тепла. Но и остановить эти реакции мы не можем, потому что в них вырабатываются вещества, необходимые мозгу, сердцу и другим жизненно важным органам. Остается только один способ избавиться от излишнего тепла – это сбросить его.

Что для этого нужно сделать? Во-первых, тепло из внутренностей нужно перенести на периферию. Для этого кровоток кожных покровов увеличивается аж в 4 раза! Именно поэтому некоторые краснеют при высокой температуре. Таким образом кровь эффективно передает тепло внутренних органов на поверхность тела. И во-вторых, это тепло с поверхности кожи нужно передать окружающей среде. Для этого есть несколько способов: теплопроводность – это просто передача тепла от более горячего тела к более холодному; излучение – это инфракрасные волны, которые излучает любое нагретое тело; дыхание – воздух в легких немного нагревается, и мы выдыхаем более горячий воздух; испарение пота с поверхности тела – при испарении улетают самые быстрые молекулы, а самые медленные остаются, поэтому температура тела немного понижается. Вот и все.

И все же, почему жара так утомляет? Во всем виновата нехватка кислорода. Во-первых, из-за того, что кровь приливает к коже, ее остается меньше для кровоснабжения мышц и мозга. Поэтому человек находится в состоянии небольшого

кислородного голодания, от которого возникают чувства сонливости и усталости. Ну и во-вторых, этот эффект усиливается еще и тем, что при увеличении температуры плотность кислорода в атмосфере уменьшается. Проверить это очень просто. Выразим из уравнения Менделеева – Клапейрона плотность *p*:

$$pV = \frac{m}{M}RT$$

$$pV = \frac{m}{M} = \frac{pM}{RT}$$

Молярная масса *M* и константа *R* уже известны, а давление *p* и температуру *T* мы возьмем с gismeteo.ru. Возьмем данные за июнь, поставим в формулу и увидим, что при любом увеличении температуры плотность кислорода *p* уменьшалась.

Но всякая ли жара такая уж и жара? На самом деле не все зависит от температуры, очень большое значение имеет влажность. При высокой влажности интенсивность испарения уменьшается, и поэтому человек охлаждается слабее и чувствует очень большой дискомфорт. Может быть даже так, что 25 градусов при высокой влажности будут переноситься намного хуже, чем 35 градусов при низкой. Поэтому, просматривая прогноз погоды, всегда обращайте внимание не только на температуру, но и на влажность. Если она очень высокая – берегитесь, будет очень жарко! Ну и конечно же, благодаря потоотделению человек может переносить очень высокие температуры в пустыне или даже бане. Действительно, человек в бане не нагревается до 100 градусов Цельсия, потому что там очень низкая влажность и идет интенсивное испарение с поверхности тела. Возникает некий баланс между нагревом и охлаждением. И благодаря этому температура тела человека остается практически постоянной.

4.6. Вся правда об алмазах

Лучшие друзья девушек – это, конечно же, бриллианты. Яркие, искрящиеся ограненные алмазы, переливающиеся всеми цветами радуги. Они поистине красивы, уникальны и отчасти неповторимы. Но что делает их такими особенными? Почему их практически невозможно заменить другим веществом, минералом? Неужели они обладают таким набором качеств, которых просто нет у всего остального?

Да, они уникальны. Представьте себе красивую девушку, шею которой украшает бриллиантовое колье. Откуда взялись эти камни? Конечно, они ограничены из мутного самородка алмаза, который был добыт в руднике, среди прочей руды, каким-то неизвестным нам работником за какую-то скромную зарплату. Пока все очень прозаично, но вот как образуются залежи алмазов? Вот это интересно.

Происхождение

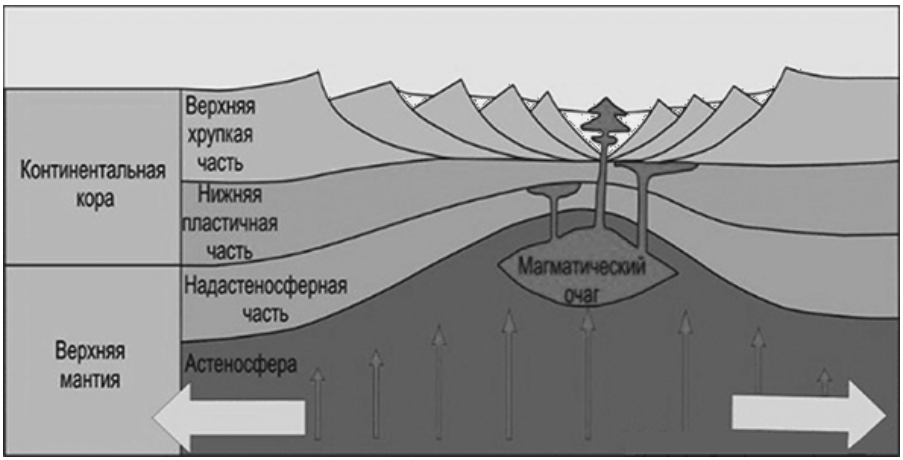
Оказывается, среди всех драгоценных камней алмазы образуются на самой большой глубине – вплоть до 660 км! Вы только представьте! Земная кора имеет толщину до 75 километров. Под ней на многие километры простирается вязкая мантия с очень разнообразным химическим составом, температурой в тысячи градусов и колоссальным давлением в десятки тысяч атмосфер (из-за тяжести вышележащих слоев земли). И именно там, только в таких условиях, атомы углерода слой за слоем могут формировать кристаллы алмаза. Действительно, нужно высокое давление, чтобы при кристаллизации получался именно алмаз, а не графит. И высокая температура, для достижения определенной вязкости (углерод как бы переходит из жидкого состояния в твердое, но это очень условно).

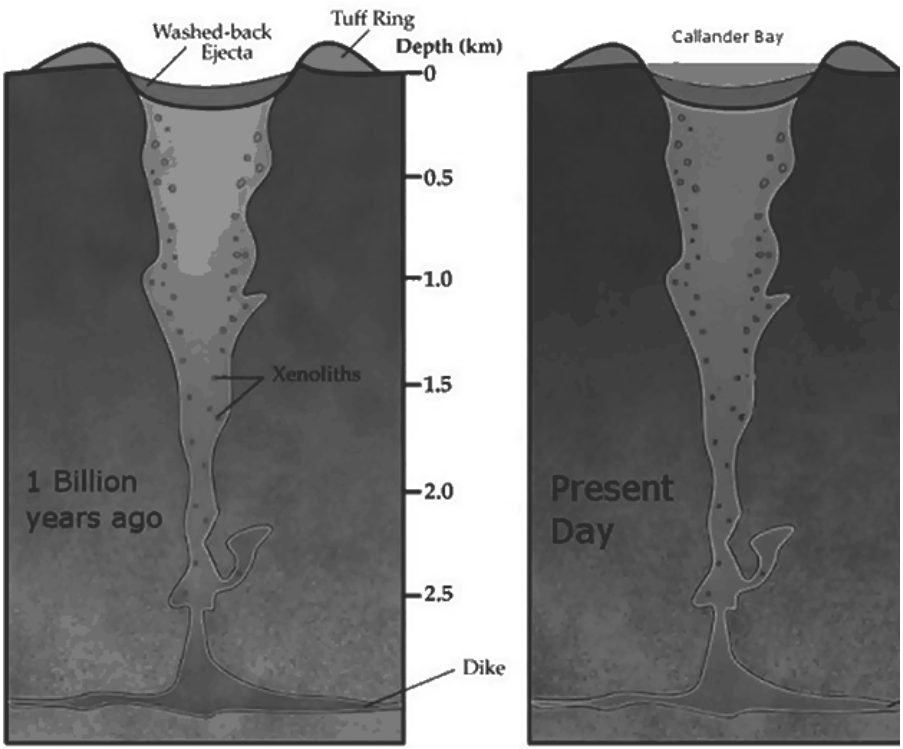
Эти процессы происходят очень давно, и современным алмазам может быть до 3 миллиардов лет! Но как эти алмазы с такой глубины попадают на поверхность? В этом им помогает вулканическая активность.

Вулканы

Интересный факт: вулканы извергают вовсе не мантию,

а магму. Это жидкий расплав, получающийся на границе земной коры и мантии, по сути их смесь. В коре Земли есть газообразные вещества, поэтому магма – это что-то вроде газировки. И в ней могут образовываться пузырьки, если давление резко уменьшается. Когда это происходит, магма пузырится, пузырьки устремляются вверх, увлекают за собой магму, и так происходит извержение.





Сотни тысяч лет назад в определенных местах на Земле происходили прорывы коры, и раскаленная магма выходила на поверхность. Само собой, она увлекала за собой и алмазы, находящиеся в мантии. В дальнейшем вся эта порода застывала, образуя так называемые кимберлитовые трубки. В сечении они напоминают морковку, сверху их диаметр может достигать километра. И около 10 % таких трубок на Земле усыпаны алмазами! Сейчас практически вся добыча алмазов идет так: находим трубку, вырываем огромную яму в земле глубиной до километра, тщательно просеиваем руду, – профит! Сейчас крупнейшие такие трубки разведаны на юге Африки, в России (в Якутии) и в Канаде.

Искусственные алмазы

Стоит отметить, что с середины XX века освоены технологии получения синтетических алмазов ювелирного качества. Принцип тот же: углерод при высокой температуре под высоким давлением медленно кристаллизуется в алмаз. Качество получается отменное.

Так что девушки правильно делают, что ценят алмазы сильнее всего. Это самые древние камни, которые создала для них Земля, причем ближе всего к своему сердцу! Ведь сапфиры, рубины, изумруды и все остальное образуется уже в земной коре, то есть не глубже 70 км.

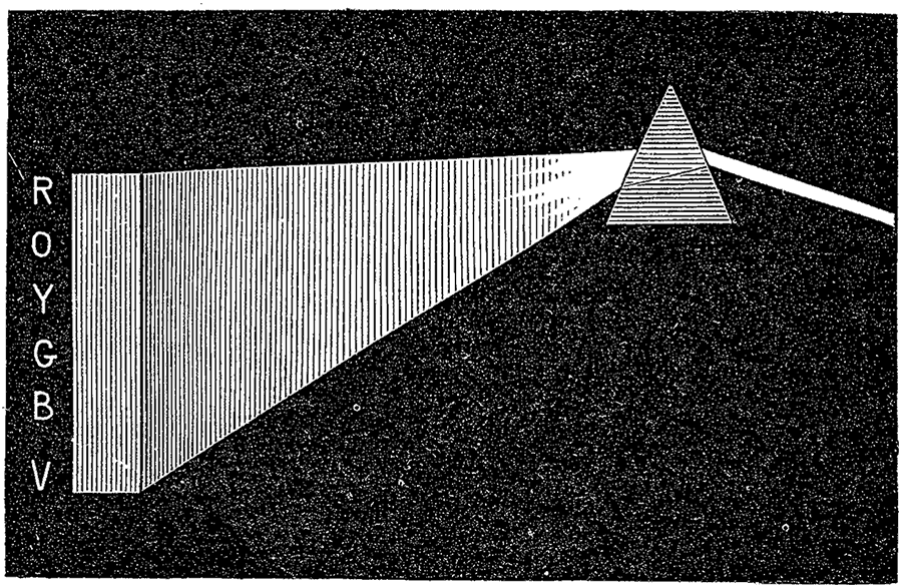
Блеск и мерцание

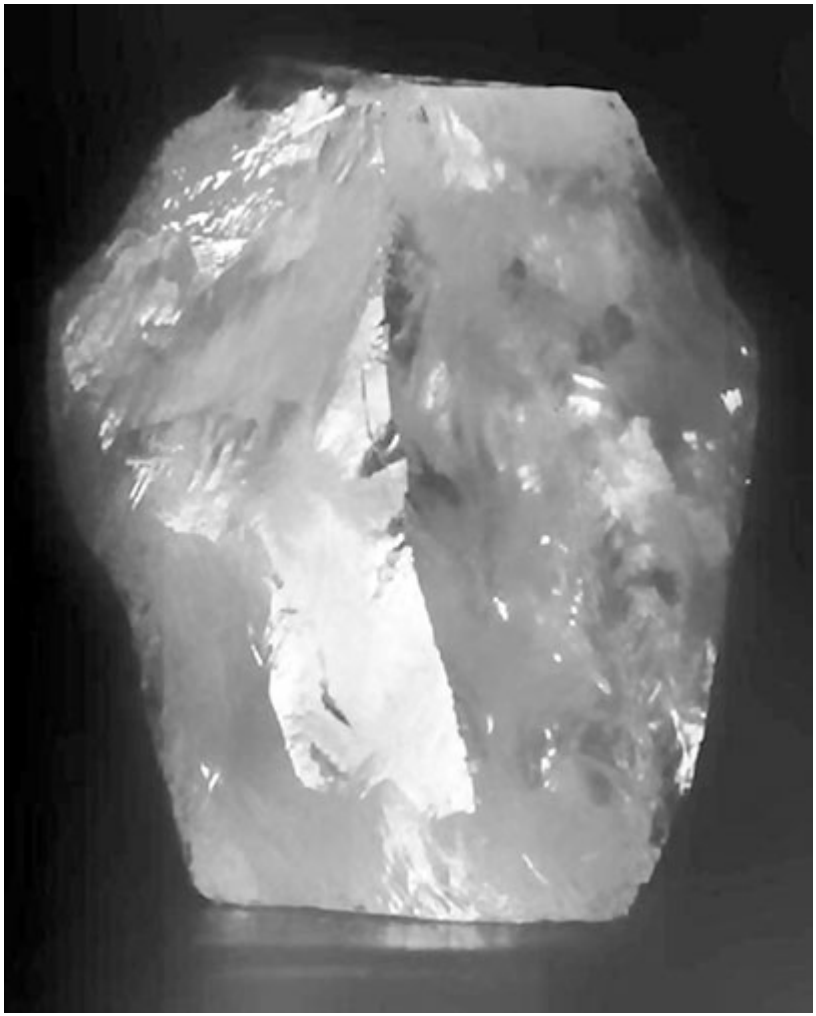
Отчасти благодаря своему происхождению алмаз обладает уникальными свойствами. Это самый твердый природный материал с очень высоким коэффициентом преломления и дисперсией. Последние два качества как раз и влияют на игру цвета в бриллиантах, на блеск и красоту.

Только подумайте, алмаз – камень прозрачный. Но блестит ярче зеркала! Как так получается? Как лучи отражаются от него? Вся хитрость в полном внутреннем отражении. Оказывается, лучи света могут отражаться от внутренней поверхности вещества словно от зеркала, а не проходить насквозь. Вы можете это сами проверить в бассейне. Нырните и посмотрите на поверхность. Вдалеке в ней будет отлично отражаться дно и все, что на нем есть. И оказывается, чем больше показатель преломления, тем для большего количества лучей и происходит полное

внутреннее отражение, а не пропускание. Так что ограненные алмазы рекордсмены по блеску именно благодаря этому качеству.

А второй фактор – дисперсия. Белый свет – это смесь всех цветов, а разные цвета преломляются по-разному. Красный слабее всех, фиолетовый сильнее всех. Поэтому, войдя в камень, они словно расщепляются, расходятся там, отражаются, выходят обратно и как бы расходятся еще сильнее. Поэтому мы видим мерцание всех цветов радуги. И у алмаза очень велика разница между показателями преломления разных цветов, поэтому и эффект этот очень силен.

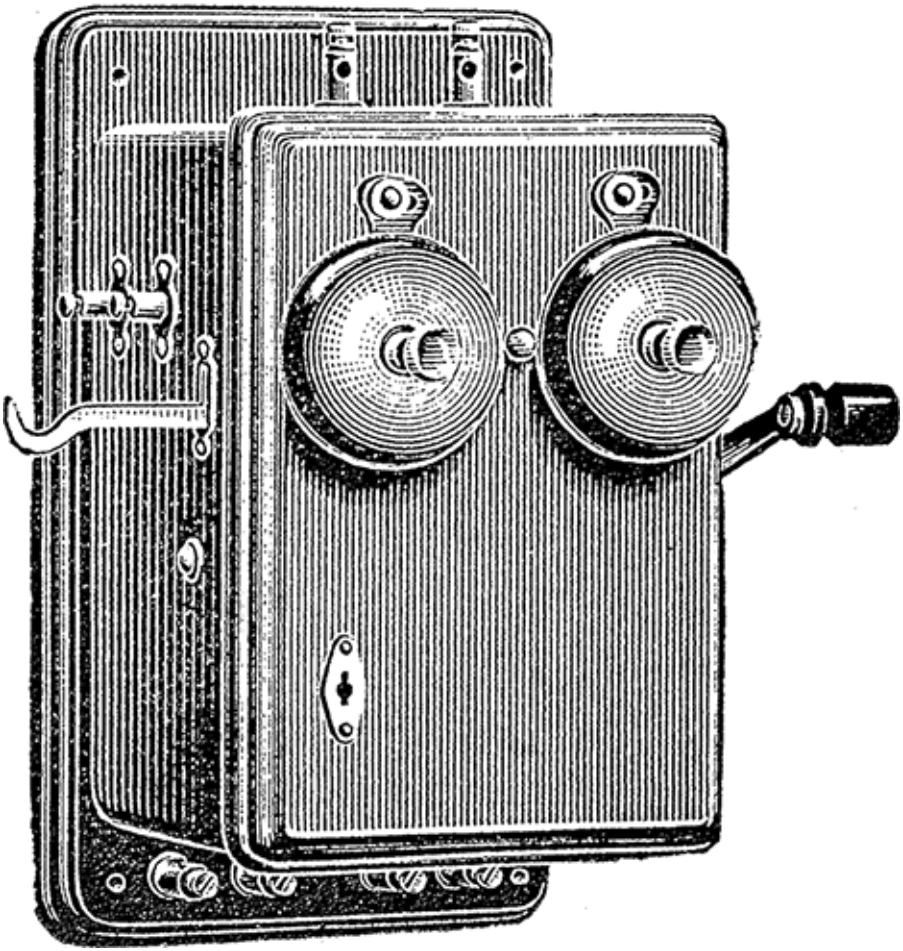




Бриллианты подходят ко всему, так как не имеют цвета. Непомерно высокая цена на них во многом объясняется монополией на добычу и производство алмазов, которая принадлежала компании «Де Бирс» вплоть до 70-х годов XX века. Самый большой алмаз в мире «Куллинан» стоит как 94 тонны золота.

Девушки, носите бриллианты… но и не забывайте тех, кто их вам дарит!

5. Космические дали



5.1. Как человек погибнет в космосе без скафандра?

Что произойдет с человеком в открытом космосе без скафандра? Ни у кого нет сомнений, что он умрет. Но от чего именно? Его разорвет на части, он задохнется, у него вскипит кровь, он сгорит на солнце?.. Версий очень много, несомненно только то, что человек погибнет. Так от чего он умрет быстрее всего?

Представьте себе, что вы находитесь в открытом космосе. Там очень холодно, – 271 градус по Цельсию. Конечно, практически все тела превращаются в ледышку при такой температуре. Но как это происходит? Мы знаем, что чем выше температура тела, тем быстрее движутся молекулы в нем. Быстрые молекулы горячего тела ударяются о молекулы холодного тела, теряют свою скорость, при этом тело остывает. Однако у космоса очень маленькая плотность. Например, на высоте 400 километров – меньше 1 квадриллионной грамма на кубический сантиметр. Так что передавать свое тепло там будет просто-напросто некому. Поэтому человек не замерзнет, а будет ощущать всего лишь легкую прохладу.

Теперь давайте рассмотрим другой эффект. От солнца можно получить очень сильный ожог или перегреться. Действительно, в космосе очень много ультрафиолета. На Земле он задерживается атмосферой, однако в космосе такого защитного барьера нет. Поэтому получить ожог открытых частей тела можно уже через 10 секунд. Впрочем, одежда может от этого полностью защитить. А что насчет перегрева? Даже если вы будете поглощать все солнечное излучение, то тогда потребуется как минимум 24 минуты, чтобы достичь летальной температуры в 43 градуса Цельсия.

Следующий фактор, который может привести к смерти, – давление. В космосе чертовски низкое давление, оно практически равно нулю. А внутри человека сохраняется одна атмосфера. Казалось бы, из-за этого перепада человека может разорвать. Но действительно ли этот перепад такой большой? Вовсе нет, ведь разница составляет всего одну атмосферу. Наши ткани достаточно прочны для того, чтобы выдержать такую нагрузку. Человек может раздуться, но не лопнуть. Однако это раздутие приведет к сжатию кровеносных сосудов, и уже через 90 секунд кровоток может прекратиться, что приведет к кислородному голоданию и дальнейшей смерти.

Но что может прикончить человека еще раньше? Может быть, у него закипит кровь? Действительно, при понижении давления температура кипения любой жидкости понижается. Но даже если снаружи давление будет нулевым, давление внутри кровеносных сосудов (то самое, которое меряют, обжимая руку) останется. При давлении в 75 мм ртутного столба кровь будет закипать при 46 градусах Цельсия. Но ведь кровь наверняка имеет температуру тела $36{,}6^0$. Поэтому она будет недостаточно горячей для того, чтобы закипеть.

Может быть, кессонная болезнь? Все жидкости обладают таким свойством: они могут растворять в себе газ. И кровь тоже может растворять в себе азот и кислород, которые мы вдыхаем. При резком понижении давления возможен следующий эффект: этот растворенный газ выделяется обратно в виде пузырьков, которые могут закупоривать кровеносные сосуды и приводить к трагическим последствиям. Больше всего этой опасности подвержены водолазы. На глубине 40 метров давление в пять раз больше, чем атмосферное давление. Соответственно, при резком всплытии возможен такой эффект, который и называют кессонной болезнью. Но когда мы в космосе, мы имеем дело с перепадом давления от одной до нуля атмосфер. При таких параметрах диаметр образующихся пузырьков меньше 8 микрометров. А диаметр самых маленьких кровеносных сосудов – от 8 до 12 микрометров. Получается, что этот эффект абсолютно безопасен и не влечет никаких серьезных последствий.

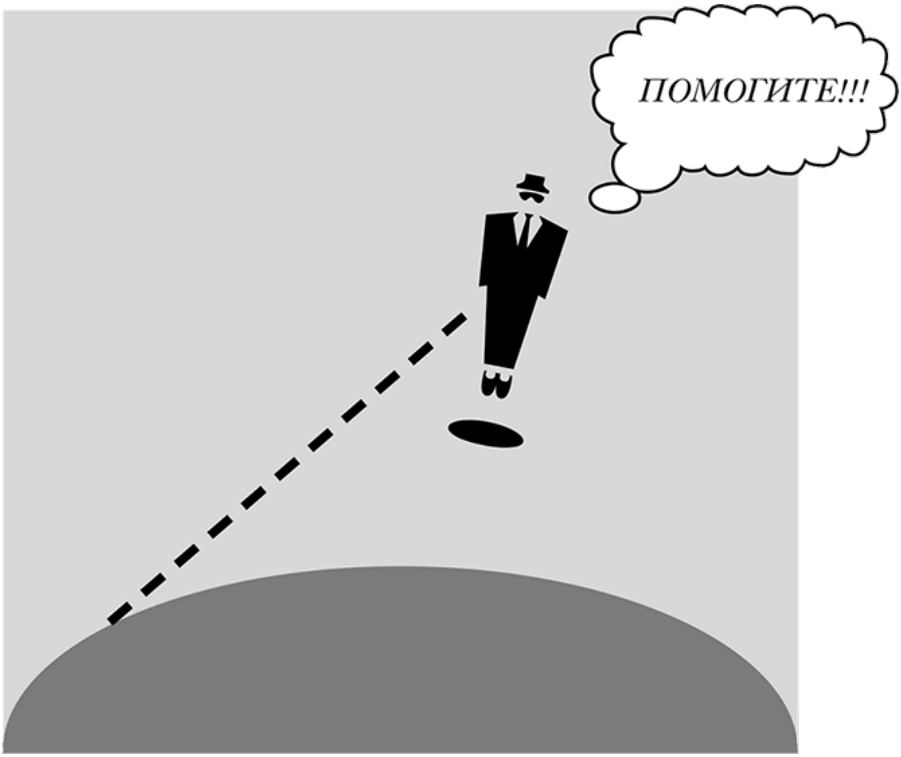
Ну и осталась последняя причина – недостаток кислорода. Если я не сгорю, не замерзну и у меня не закипит кровь, разве я не могу задержать дыхание? Ан нет! Давление в легких достаточно высокое, поэтому сила, с которой воздух будет вырываться наружу, очень большая, и этому нельзя будет воспрепятствовать. В результате такого выдоха человек потеряет весь запас кислорода, и у него останется около 10 секунд до того, как он потеряет сознание. За это время он может совершить пару разумных действий, направленных на спасение. Например, набрать 03.

Итак, если в каком-то фильме вы увидите, что люди перемещаются по космосу без скафандра, не такая уж это и выдумка. Оказывается, человеческий организм настолько крепок, что может выдерживать даже такие экстремальные условия.

5.2. Что будет, если гравитация исчезнет?

Гравитация – это сила, которая действует между любыми телами. Как Земля притягивается к Солнцу, так и Статуя Свободы притягивается к Эйфелевой башне, а кремлевские башни притягиваются к вашему телефону. Правда, эта сила ощутима, только если мы имеем дело с планетарными масштабами, но не стоит забывать, что она действует всюду, везде во вселенной, в каждой ее точке, внутри вас и снаружи. Давайте пофантазируем и представим, что будет, если она мгновенно исчезнет во всей вселенной.

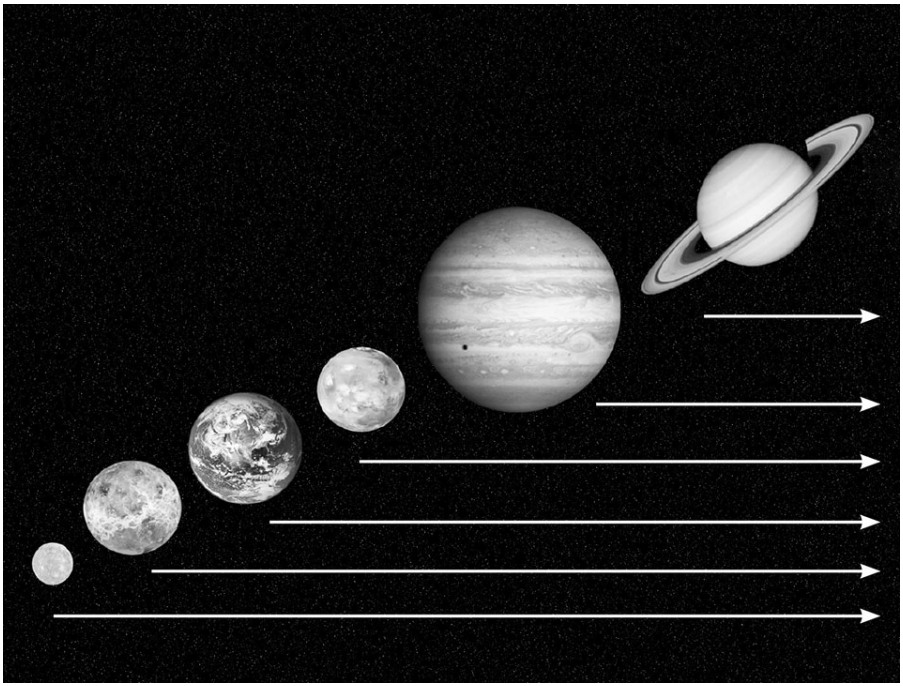
Конечно, в первые моменты мы почувствуем невероятную легкость и невесомость. Мы сможем оттолкнуться от земли и парить в воздухе. Правда, обратно мы не сможем упасть, но это не самое страшное. Гораздо хуже, что что остановятся реки, перестанут литься дожди, исчезнут приливы, гидроэлектростанции перестанут работать, все тяжести не будут твердо стоять на поверхности. К тому же если исчезнет гравитация, то атмосфера не будет притягиваться к Земле и начнет рассеиваться в открытый космос. И уже через несколько дней наша планета будет безжизненной из-за никого содержания кислорода и огромной солнечной радиации, которая до этого задерживалась озоновым слоем.



И не стоит забывать, что Земля вращается, поэтому центробежная сила будет стремиться вытолкнуть наружу атмосферу и все, что плохо держится. Она действует всегда, но намного слабее гравитации, поэтому мы ее не замечаем. При исчезновении гравитации эта слабая сила даст о себе знать. Только представьте, автомобили, самолеты, корабли, слоны, бегемоты, люди, весь песок, вода в морях и океанах медленно начнут подниматься вверх… Ну, точнее, вверх только на экваторе, а на остальных широтах они с меньшей силой начнут подниматься под углом.

Но давайте представим, что произойдет во всей Солнечной системе, после того как исчезнет гравитация. Конечно же, Земля, остальные планеты, кометы, астероиды сойдут с орбиты и начнут двигаться по прямой. Скорость орбитального движения убывает с расстоянием, поэтому все тела, которые находятся от Солнца дальше, чем Земля, будут двигаться медленней, и получается, что мы сможем догнать их. Где-то через полгода мы пересечем пояс астероидов, через 7 лет достигнем орбиты Плутона. Далекие объекты, такие, как Плутон, пояс Койпера и облако Оорта, будут двигаться медленно, а мы быстро. Где-то через полгода мы пересечем пояс астероидов, так что мы их догоним и будем двигаться среди них. Это произойдет приблизительно через

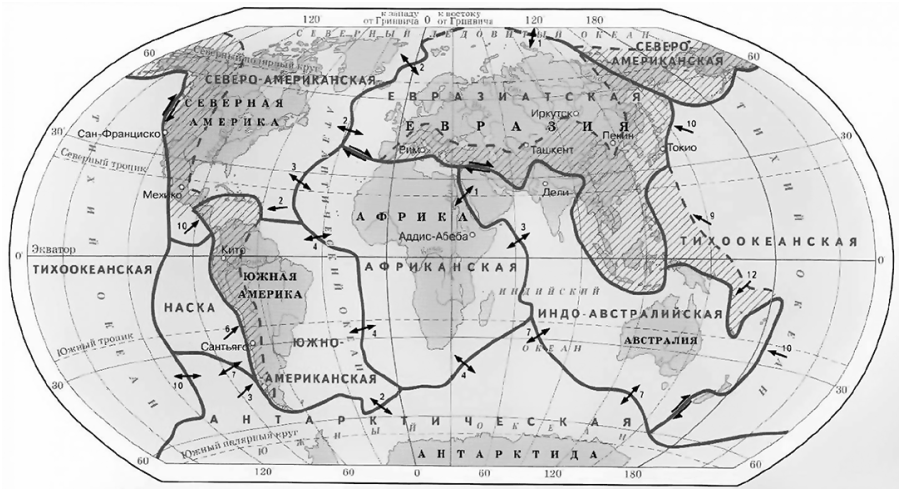
400 лет (да, настолько Солнечная система огромна). Правда, плотность облака очень мала, и мы вряд ли врежемся в какой-нибудь астероид, так что бояться нужно не этого.



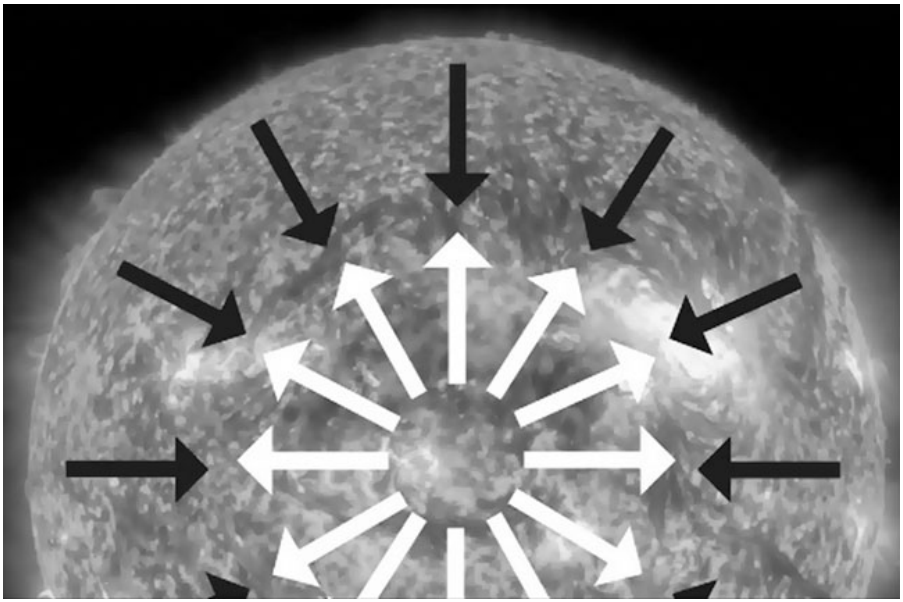
По всей Земле одновременно начнут извергаться все спящие вулканы. Дело в том, что они располагаются на местах стыков тектонических плит. Плиты наезжают друг на друга, и одна из них погружается вниз. Там она достигает мантии, плавится, и из нее образуется магма, насыщенная кучей элементов и растворенными газами. Пока есть гравитация, есть и давление, из-за которого газы содержатся в магме в растворенном виде. Но как только давление вышележащих слоев исчезнет, произойдет дегазация, как в бутылке минералки, образуется просто шквал пузырьков, и резко увеличивающаяся в объеме магма начнет искать выходы на поверхность, что приведет к обширным извержениям… Хотя они будут смотреться странно: гравитации же не будет!

Но и это далеко не самое ужасное. Пожалуй, самое страшное то, что при исчезновении гравитации Земля… взорвется! Дело в том, что внутри нашей планеты вещество мантии и ядра находится под колоссальным давлением. Оно возникает из-за тяжести вышележащих слоев, которые гравитационно притягиваются к центру. Как раз-таки под действием этого давления вещество очень сильно сжимается. Представьте: если

гравитация исчезнет, давления тогда тоже не будет. Внутренности земли начнут расширяться, и это приведет к одновременному извержению всех вулканов и разрывам между тектоническими плитами! Правда, мантия достаточно вязкая, так что это будет похоже больше не на взрыв, а на плавное расширение с разлетающимися кусками земли во все стороны. Вот это действительно апокалипсис!



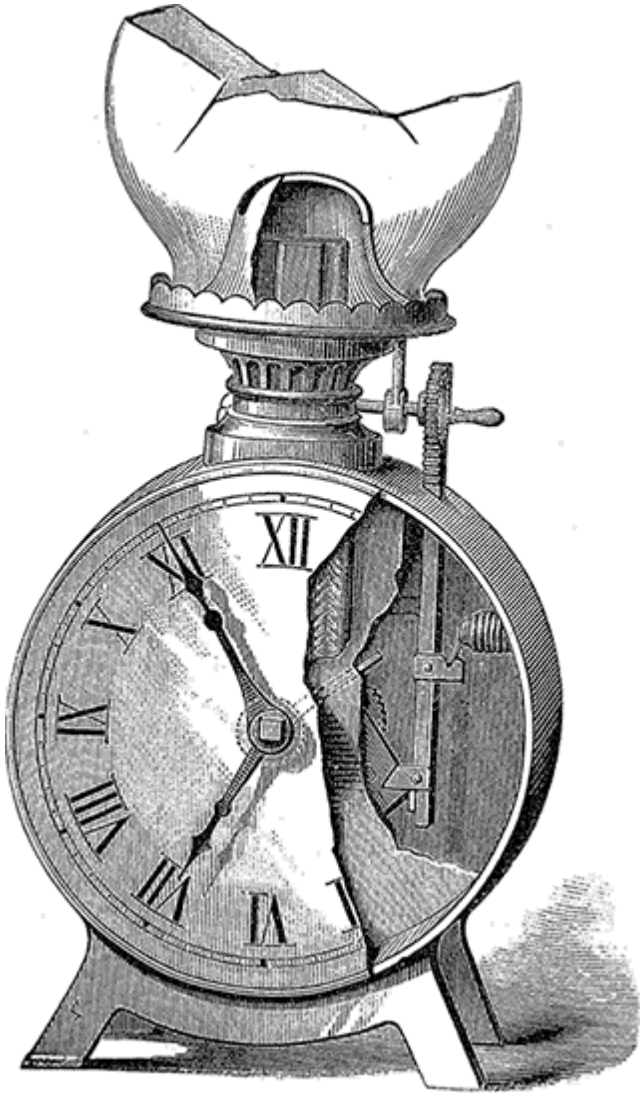
Но мы ведь считаем, что гравитация пропала везде, во всей вселенной. Для Солнца это обернется полнейшей катастрофой. Дело в том, что оно достаточно массивное, и внешние слои очень сильно притягиваются к центру. Гравитация как будто облачает его в корсет, сжимая и уменьшая в объеме. В противовес этому внутри солнца есть сила, распирающая его наружу, которая появляется благодаря огромному давлению термоядерных реакций. Сейчас эти силы сбалансированы, поэтому у Солнца стабильный размер. Но если гравитация исчезнет, то Солнце начнет с невероятной быстротой расширяться. Это приведет к невероятно огромному взрыву, от которого сразу же можно ослепнуть! В дальнейшем Солнце, точнее то, что от него останется, будет остывать и в какой-то момент затухнет, превратившись просто в туманность.



Это произойдет со всеми звездами во Вселенной, правда, увидим мы это не сразу. Ведь свет от них идет до Земли очень долго. Но через какое-то время на небосводе будут видны яркие вспышки и угасание звезд, одна за другой.

Но ведь и галактики вращаются вокруг определенного центра. Если гравитация исчезнет, притяжение пропадет и галактики рассеются в пространстве. Правда, этого уже не будет видно, так как все звезды в них потухнут, и вся Вселенная погрузится во тьму.

Так что спасибо тебе, гравитация, за то, что ты есть!


XII

5.3. ТОП-5 способов побыть в невесомости

Что общего между падающим лифтом, космической станцией и центром Земли? Ну кроме того, что долго там не живут? Оказывается, во всех этих местах вы будете ощущать невесомость!

Что же такое невесомость? Это не то состояние, когда вы просто висите в воздухе, как в аэротрубе или на стропах парашюта. В невесомости все части тела теряют свою тяжесть: легкие не давят на желудок, желудок не давит на кишечник и так далее. Очень необычное ощущение. И мы привыкли думать, что невесомость доступна только космонавтам. Но на самом деле каждый может побывать в таком состоянии! Давайте посмотрим, как можно почувствовать невесомость.

Центр земли

Пожалуй, самый сложный, но интересный способ – оказаться в центре Земли. Представьте, что вы начали рыть глубокий колодец. Сила тяжести при этом будет уменьшаться. Ведь если мысленно разрезать планету на кусочки, как дольки апельсина, вы будете гравитационно притягиваться к каждой из долек. Но по мере продвижения в глубь планеты направления сил будут меняться, и они частично начнут компенсировать друг друга. В самом центре все силы будут полностью уравновешены, суммарная сила будет нулевой, и вы будете парить в невесомости! Конечно, вряд ли у нас получится так сделать, так что перейдем к реальным способам.

Падающий лифт

Представьте, что вы находитесь в обычном лифте. Если вдруг он начнет падать, вы окажетесь в невесомости. Если вы будете падать не в кабине, а рядом, падение будет синхронным. Но если вы в лифте, то все будет так же. Вы вместе с кабиной падаете с одинаковыми скоростями, поэтому ничего удивительного, что вы сможете висеть относительно стен. То же можно сказать и про все органы тела – все они падают с одинаковой скоростью, не давят друг на друга, поэтому вы не ощущаете их вес.

В такой ситуации не стоит пытаться поймать момент приземления и подпрыгнуть, чтобы остаться в живых. Это провальная идея! Ведь подловить момент приземления

практически невозможно. Ну только если вы не победитель битвы экстрасенсов, конечно. К тому же скорость, которую развивает человек в прыжке, – около 10 км/ч. А скорость лифта при приземлении с семнадцатого этажа – около 90 км/ч. У вас не получится ее погасить.

Единственная рекомендация – принять горизонтальное положение. Вертикально вы рискуете сломать позвоночник и ноги. А в горизонтальном положении сломаете ребра – все-таки меньшее из зол. Но не стоит беспокоиться: нынешняя техника и средства защиты лифта от падения очень хороши и надежны.

Космическая станция

Вообще с физической точки зрения и лифт, и орбитальная станция движутся одинаково. Они находятся в свободном падении. Единственная разница состоит в том, что станция падает не вертикально вниз, а вбок. Ракета нужна не только для того, чтобы взлететь повыше, где нет сопротивления воздуха, но и для того, чтобы придать станции огромную скорость. Благодаря этому станция падает как бы вбок, настолько быстро, что постоянно проскакивает планету, улетает за горизонт – ведь Земля круглая. И, в отличие от лифта, станция не сталкивается с поверхностью. Ну, это если все хорошо рассчитано.

Так что космонавты оказываются в такой же ситуации, что и человек в лифте. Они падают синхронно со станцией, поэтому могут висеть в воздухе относительно стен. Удивительно, но на них по-прежнему действует сила тяжести, только она не вдавливает их в пол. Этот способ побывать в невесомости самый эффективный, но и самый дорогой – придется заплатить более 30 млн долларов.

Самолет

Как вы уже поняли, самое главное – свободное падение. И если какой-нибудь великан возьмет нашу несчастную кабину лифта и кинет ее под углом к горизонту, она полетит по параболе. Но все, что находится в кабине, тоже будет лететь по параболе и зависнет в невесомости! Это состояние достигается на всем пути: и при полете вверх, и в высшей точке траектории, и при полете вниз. По этому принципу устроены самолеты для тренировки космонавтов. Они задирают нос вверх, разгоняются, а потом в какой-то момент выключают двигатели

и в итоге летят по параболе. Длится невесомость около 25 секунд, за вылет делают более 10 таких подъемов. Стоит это около 200 000 рублей.

Прыжок

Но есть и бесплатный способ ощутить невесомость – просто подпрыгнуть. Пока вы в воздухе, пока летите по параболе, вы ничего не весите! Это трудно почувствовать, потому что мышцы в прыжке напряжены. Да и воздух создает ощущение полета, а не зависания. К тому же на больших скоростях он оказывает сильное сопротивление. Но все же это действительно просто. Можно усилить эффект – прыгать на батуте, или из стратосферы, или на Луне. С трамплина, на мотоцикле, с тарзанки… Так что не сидите дома, отдыхайте активней! Ведь даже просто на долю секунды оторвавшись от Земли, вы становитесь чуть-чуть похожи на настоящих космонавтов.

5.4. Что такое черная дыра? Что внутри?

Поговорим о черных дырах. Загадочные космические объекты, поглощающие все вокруг… Но что они собой представляют? Так ли страшно падать в черную дыру? И самое главное, можно ли сделать ее из пончика?

Итак, черная дыра – это объект, гравитация которого настолько велика, что любое тело, выброшенное из него со сколь угодно большой скоростью, будет неизбежно падать обратно. Максимальной скоростью во вселенной обладает свет, и даже он не может преодолеть гравитацию и вырваться за пределы черной дыры. Наша черная дыра ничего не излучает, вот потому-то она и черная.

Образование черных дыр

Сценариев образования черной дыры может быть несколько. Самые реалистичные рассматривают сжатие материи в очень маленький объем. Как правило черная дыра – это маленький трупик звезды. Как было сказано в предыдущей главе, любая звезда – это огромный газовый шар, в котором действуют силы гравитации, которые стараются сжать его. Им противостоят силы внутреннего давления, возникающие из-за колоссальной температуры термоядерных реакций внутри звезды. Кстати, это словно воздушный шарик: давление изнутри распирает его, но в то же самое время оболочка стягивает его, сдавливает. Вот в таком балансирующем состоянии находится Солнце, да и любая звезда на небосводе.

Но когда запасы топлива заканчиваются, распирающая сила пропадает, и звезда начинает сжиматься под действием собственной гравитации. И если она сожмется меньше определенного радиуса, который называется радиусом Шварцшильда, то она станет черной дырой.

Черная дыра из пончика

На самом деле любой объект обладает таким радиусом. Можно взять человека, и если каким-то неимоверным образом сжать его до размеров в 20 миллиардов раз меньше электрона, то тогда он станет черной дырой. Если взять пончик, айфон, куропатку, арбуз, семечку, учителя географии, Кремль и сжать

до определенного радиуса, то образуется маленькая черная дыра.

Землю нужно сжать до размеров черешни, Солнце – до шара диаметром 6 километров. Звезды тяжелее трех солнц уже сами по себе могут сжаться до черной дыры, только за счет собственной гравитации. Меньшим объектам не хватает массы и, соответственно, гравитационного сжатия, чтобы этого достигнуть.

Черные дыры без сжатия

Интересно, что средняя плотность черной дыры тем меньше, чем больше ее масса. Например, если черная дыра в 135 миллиардов раз тяжелее Солнца, то ее средняя плотность будет равна плотности воды. Только представьте, если взять всю воду на Земле, потом еще столько же, и еще столько же, и так 2000 миллионов миллиардов раз, и собрать всю эту воду где-то в космосе в огромную-огромную каплищу, то она станет черной дырой! И ничего сжимать не придется.

Устройство черной дыры

Но что находится внутри черной дыры? Как она устроена? Под действием колоссальной гравитации вся материя сжимается в одну точку. Эта точка имеет бесконечную плотность и называется сингулярностью. Вокруг нее образуется область, из которой ничто не может выбраться, даже свет. Ограничена эта область пространства так называемым горизонтом событий.

Падение в черную дыру (с точки зрения наблюдателя)

Интересно, а что же произойдет, если вы упадете в черную дыру? Сначала посмотрим со стороны вашего предполагаемого напарника. Тут будут сказываться эффекты общей теории относительности. В области с сильной гравитацией время течет медленней относительно областей со слабой гравитацией. Поэтому со стороны будет видно, что по приближении к горизонту событий ваша скорость уменьшается и уменьшается. Вы движетесь все медленней и застываете вблизи горизонта событий. Ваш напарник никогда не увидит, как вы пересекаете его, ведь там время останавливается полностью (с точки зрения стороннего наблюдателя, конечно). Более того, световые волны, отраженные от вас, будут испытывать все большее красное смещение и тускнеть. Так что напарник увидит, как вы потихоньку краснеете, тускнеете и в итоге исчезаете.

Падение в черную дыру (с точки зрения падающего)

Однако для вас все будет происходить совсем по-другому!

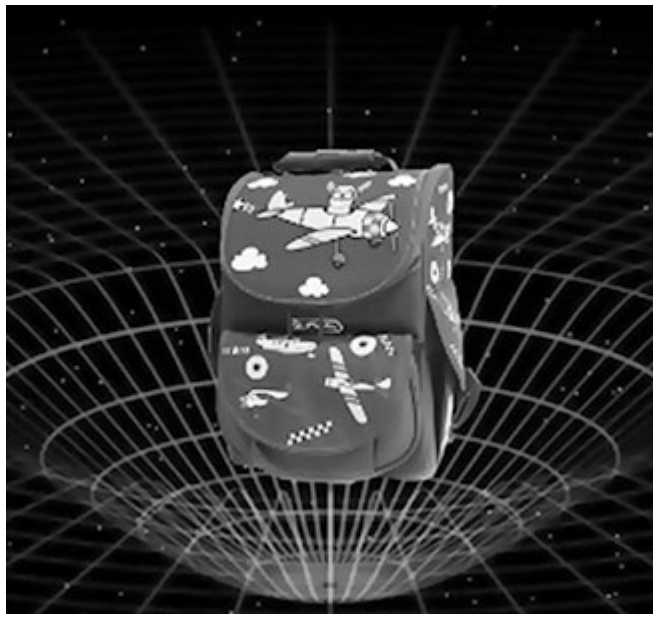
Если черная дыра достаточно большая, то вы спокойно пролетите горизонт событий, ничего не заметив. Ведь внешне эта граница в пространстве особо ничем не примечательна, хотя обратно дороги уже не будет. Другое дело, что в какой-то момент времени вы превратитесь в спагетти! То есть вы почувствуете, что вас начинает вытягивать по направлению к сингулярности. Ученые решили назвать этот процесс креативно – спагеттификация. Происходит он из-за того, что гравитационное поле вокруг сингулярности очень неоднородно. Чем ближе к ней, тем оно сильнее, поэтому ваши ноги будут притягиваться намного сильнее, чем голова, и будет происходить такое вот растяжение. Так что вас разорвет еще до подлета к точке сингулярности. Ну а когда атомы, из которых вы состоите, все-таки упадут на нее, что будет с ними происходить, пока загадка.

Черные дыры являются крайне интересными объектами даже для теоретиков, ведь в них проверяются научные теории в экстремальных условиях. Опасаться их тоже не стоит, просто так они по космосу не летают. Но если уж вас и занесет в одну такую, просто наслаждайтесь, не каждому уготована такая судьба.

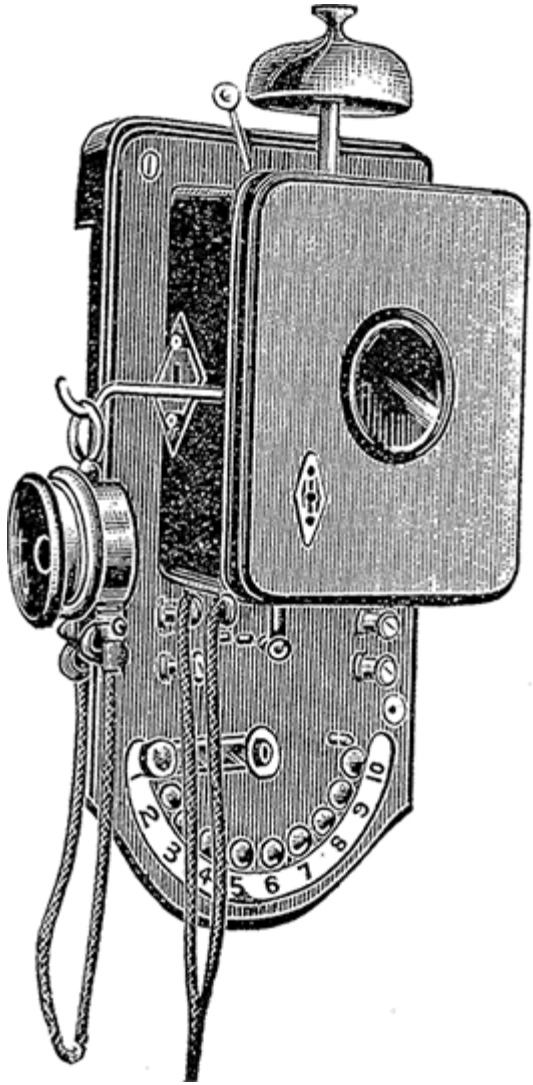
5.4.1. Почему черная дыра притягивает свет, если у него нет массы?

Каким образом черные дыры притягивают свет при помощи гравитации, если он не имеет массы?

Действительно, у фотона нет массы покоя, и, казалось бы, гравитация на него не должна действовать. Тогда почему говорят, что свет не может покинуть черную дыру?



Дело в том, что массивные тела (звезды, планеты… рюкзаки первоклашек…) искривляют пространство-время. А в искривленном пространстве свет может двигаться уже не по прямой, а по искривленной траектории, даже по замкнутой. Этот эффект подтвержден экспериментально: например, свет от далеких звезд искривляется, когда проходит вблизи Солнца. А вот около черной дыры пространство искривлено настолько сильно, что свет просто не может, грубо говоря, взобраться на слишком крутую стену искривленного пространства. Вот истинная причина черноты черных дыр.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

5.5. Как далеко можно увидеть в телескоп?

С первобытных времен человек всегда хотел заглянуть за горизонт. Ему было интересно, что там? Есть ли край света? Если да, то что там происходит?

После Великих географических открытий не осталось сомнений, что у Земли нет края. Это всего лишь шар, вращающийся вокруг Солнца наряду с другими планетами.

После изобретения телескопа были открыты самые далекие планеты Солнечной системы. Стало понятно, что Солнце – это всего лишь одна из миллиардов звезд, которые мы каждую ночь видим на небосводе. Все эти звезды входят в огромную галактику Млечный Путь, диаметр которой $9{,}46 \times 10^{17}$ километров.

И, как оказалось, наша галактика – это только одна из миллиардов галактик, которыми наполнена наша вселенная. Они объединяются в кластеры, скопления, и их очень много.

Это колоссальные масштабы, и то, что сейчас люди знают об этом, только доказывает гениальность человеческого разума. Но что дальше? Может, этот океан галактик тоже является частью чего-то большего?

Ну хватит, хватит!

Предел дальности современных телескопов

Давайте разберемся, насколько далеко в космос удалось заглянуть современным телескопам. Одни из самых глубоких изображений космоса дает орбитальный телескоп «Хаббл». В 2004 году он сделал фотографию маленького кусочка неба, на котором около 10 звезд, а все остальное – другие галактики. Среди них есть крошечная красная точка. Это самая удаленная обнаруженная галактика. Только представьте, фотоны от нее летели к нам 13,42 млрд лет! И все ради того, чтобы мы ее увидели.

Интересно то, что она очень красная. Дело в том, что вселенная расширяется, и все галактики удаляются от нас. Это как будто на воздушный шарик наклеить пуговицы и начать надувать его. Пространство, в котором находятся галактики-пуговицы, будет раздуваться. Причем пуговицы не расширяются, так как между молекулами действуют силы притяжения, точно так же, как и галактики, где действуют гравитационные силы притяжения.

Из-за удаления световые волны испытывают красное смещение, то есть их длина волны увеличивается и свет смещается в красную сторону спектра. Так что все далекие объекты – красные. Причем чем дальше галактика, тем быстрей она удаляется, тем сильней ее красное смещение.

Большие надежды мы возлагаем на новый орбитальный телескоп имени Джеймса Уэбба, который будет видеть в инфракрасном диапазоне, поэтому сможет показать нам еще более удаленные части космоса.

Но на самом деле есть еще более далекий объект, который виден в телескоп. Это реликтовый фон. Дело в том, что наша вселенная не такая уж и старая, ей всего 13,8 млрд лет. Поначалу она была молодая, горячая и испускала море излучения. Но через 400 млн лет подостыла и значительно расширилась, поэтому свет стал очень долго беспрепятственно распространяться из одной точки в другую. Реликтовое излучение – это тот свет, который образовался 400 млн лет назад и только сейчас смог до нас дойти из самых дальних точек нашей вселенной. Это излучение достаточно однородно и приходит со всех точек небесной сферы. Оно тоже удаляется и поэтому испытывает красное смещение. Но оно настолько сильно, что волны смещаются в микроволновую область. Так что его видно только в радиотелескопы, а глазами вы, конечно же, его никогда не увидите.

Но что насчет будущего? С развитием техники нам же наверняка откроются новые горизонты? Оказывается, нет. Существует теоретический предел, дальше которого мы никогда не сможем увидеть, как бы наша техника ни совершенствовалась и какие бы телескопы мы ни запускали.

Теоретический предел наблюдений

Вселенная расширяется, и чем дальше точка пространства, тем быстрее она от нас удаляется. И наверняка есть такое расстояние, на котором объекты удаляются от нас со скоростью света. Это расстояние называют сферой Хаббла, и все объекты, которые находятся на ней, движутся быстрее скорости света. Нынешний радиус сферы Хаббла – 13,8 млрд световых лет.

Поэтому все излученные фотоны не смогут нас достигнуть, и мы никогда не увидим этих объектов. Это как будто вы идете по эскалатору вниз, а он движется вверх, причем с одинаковыми скоростями. Таким образом, вы остаетесь на месте и никогда не дойдете до конца эскалатора.

Но все-таки сфера Хаббла не ограничивает область

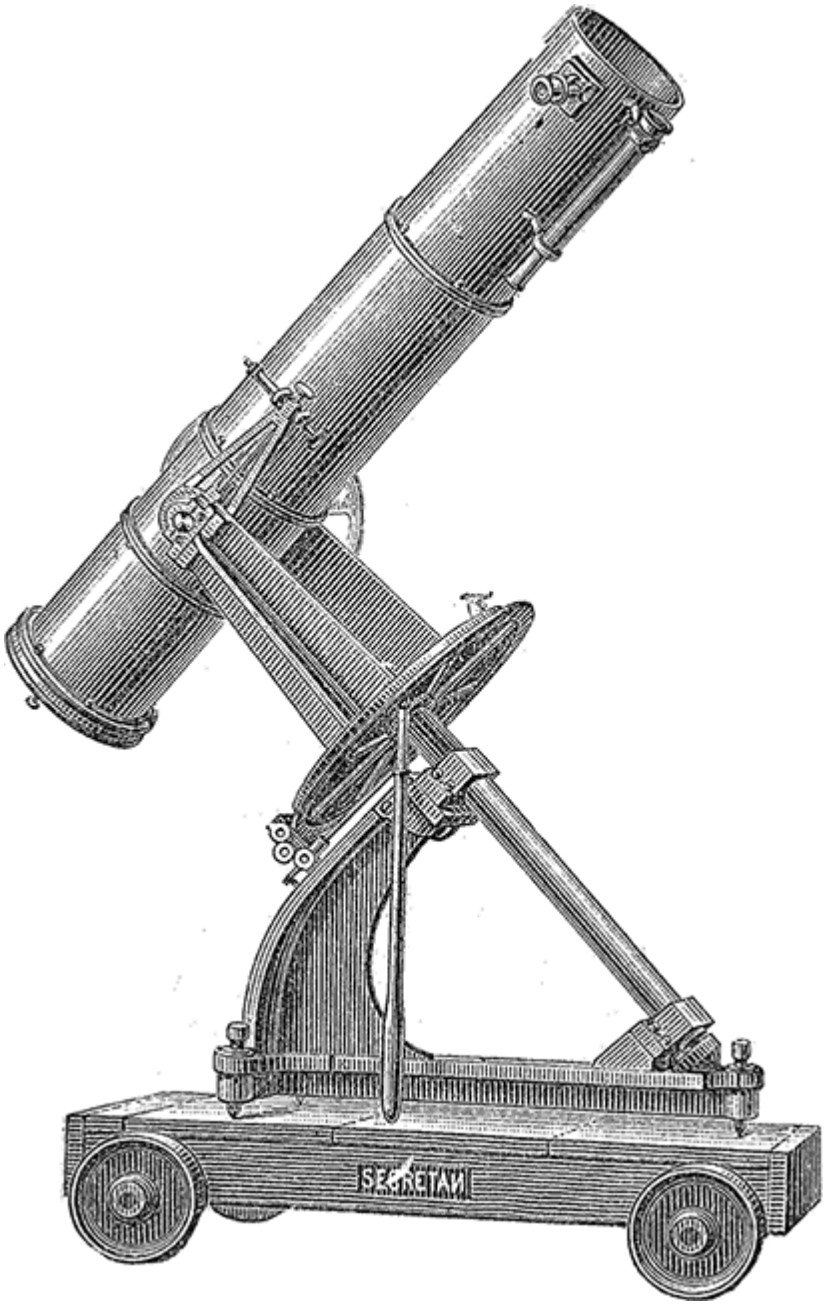
пространства, которую мы можем увидеть. Давайте представим себе галактику, которая находится за сферой Хаббла. Она испускает фотон, однако он удаляется от нас, потому что сама галактика и все пространство движутся от нас быстрее скорости света. Но сфера Хаббла расширяется, и через какое-то время фотон может попасть внутрь нее и начать движение уже к нам! И таким образом мы увидим эту галактику.

То есть существует сверхсветовая область пространства, из которой фотоны смогли попасть в сферу Хаббла и достичь нас, поэтому мы видим эти объекты. Эта область ограничена так называемым горизонтом частиц, и все, что находится дальше него, действительно невозможно увидеть.

Горизонт частиц образует сферу, и самые дальние объекты, которые теоретически могут быть видны, находятся от нас очень далеко. Дело в том, что пока их свет летел до нас, вселенная существенно расширилась и они улетели очень далеко – на 46 млрд световых лет. Жаль, что такие объекты заслоняет непрозрачный реликтовый фон, который находится сейчас на расстоянии около 44 млрд световых лет. Если в будущем астрономы научатся регистрировать реликтовые нейтрино, то это позволит заглянуть практически до горизонта частиц и увидеть, что происходило сразу после большого взрыва!

Так что границу видимой вселенной очерчивает горизонт частиц. И хоть вселенная бесконечна, мы никогда не сможем заглянуть во все ее уголки. Пока мы остаемся на Земле, мы видим только часть Вселенной.

Но, я уверен, это лучшая ее часть.


SECRETAN

5.6. Зачем нужен високосный год?

Всем известно, что каждый четвертый год длится 366 дней, потому что в нем есть один добавочный день – 29 февраля. Но зачем это нужно? Неужели за многовековую историю астрономических наблюдений ученые не придумали более простого и удобного способа летоисчисления?

Давайте мысленно перенесемся в 31 декабря: елка, магазины, подарки, «Ирония судьбы»… Так, не отвлекаться! У нас очень важная миссия: в тот момент, когда куранты пробьют ровно 12, мы поставим в космосе воображаемый флажок, а лучше елку, которая будет неподвижна относительно Солнца. И дальше мы будем жить своей обычной жизнью, ходить на работу, готовиться к ЕГЭ, смотреть видеоролики в Интернете. Через 365 дней, когда куранты снова будут бить 12, окажется, что необходимо около 6 часов, чтобы долететь до того места, где мы оставили нашу космическую елку в прошлом году. Поэтому, если вы хотите праздновать Новый год абсолютно там же, где и раньше, это необходимо делать около 6 утра.

Так что весь следующий год Земля бежит с 6-часовым отставанием от нашего времени. В следующем году ситуация повторяется, и отставание составляет уже 12 часов. На третий год отставание – 18 часов, и на четвертый год, когда отставание составляет 24 часа, мы, такие великодушные, даем еще один день Земле, чтобы она все-таки долетела до того места, где стояла наша елка. Тогда она проходит мимо нее ровно в полночь. А потом все повторяется.

Но и это только приблизительно. Если подождать 100 лет, то окажется, что мы очень много себе позволяли, добавляя каждые 4 года один день, и слишком сильно убежали с того места, где изначально проводили Новый год. Поэтому каждые 100 лет високосный год отменяется.

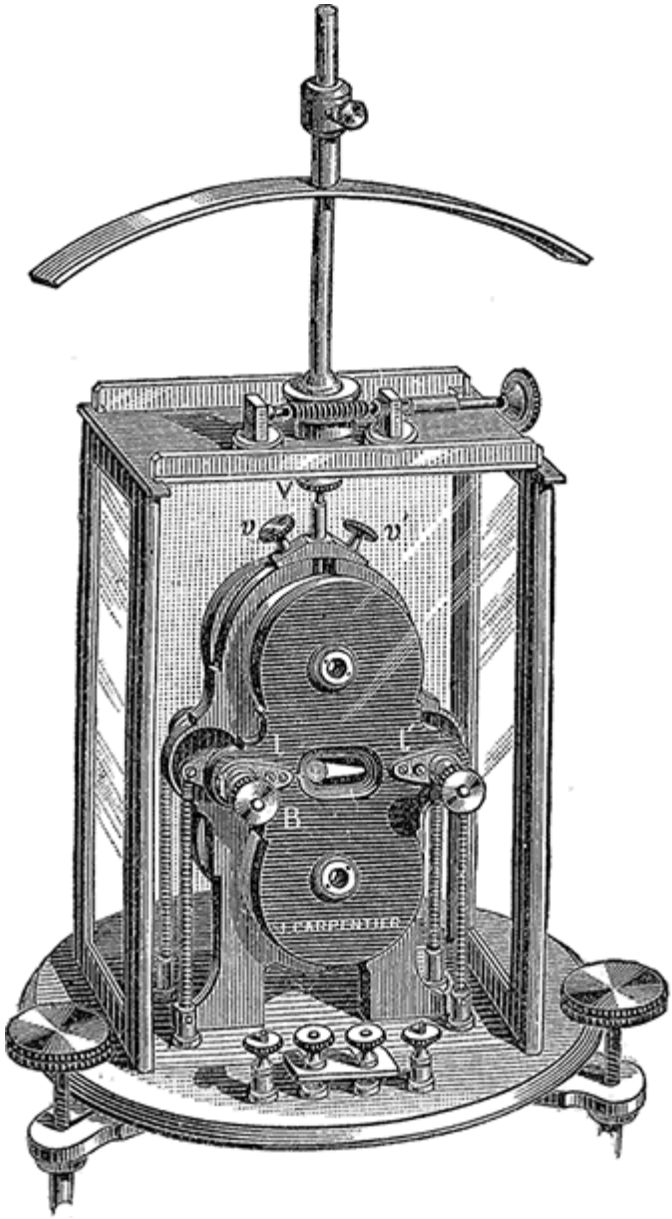
Представьте себе, и этой точности оказалось недостаточно! И каждые 400 лет, мы, несмотря на запрет, проводим високосный год. Таким образом, календарный год в среднем длится 365,2425 суток, что очень близко к реальному значению в 365,242799. Это григорианский календарь, и сейчас практически все им пользуются. Однако до него был юлианский календарь, в котором високосный год каждые 100 лет не отменялся. Его ввел сам Юлий Цезарь, и где-то в XVI веке люди почувствовали, что что-то не то. Начали разбираться, а там инквизиция и все такое… просто ужас! И оказалось, что ошибка календаря составила 10 дней. Поэтому было решено все даты сдвинуть на этот промежуток времени.

Подумать только, когда-то было после 4 октября сразу 15-е! Интересно, как зарплату выдавали, стипендию… Но некоторые до сих пор используют юлианский календарь, который на данный момент сдвинут относительно григорианского на 13 суток. Именно поэтому православные Рождество и Пасха не совпадают с католическими. Исторические даты пишутся по старому стилю и по новому стилю. Именно благодаря этому мы празднуем старый Новый год.

$$365 + 0{,}25 - 0{,}01 + 0{,}0025$$

$$365 + 1/4 + 1/100 + 1/400$$

И еще один интересный факт: оказывается, существует високосная секунда. Казалось бы, вполне логично определить секунду, поделив сутки на 24, потом на 60 и еще на 60. Однако, ученые обнаружили крайнюю неравномерность вращения Земли, связанную с сейсмической активностью, покачиванием относительно оси вращения, приливами, отливами. Поэтому было решено определить секунду с помощью процессов, которые происходят в атомах. Эти процессы всегда происходят одинаково, хоть в научной обсерватории, хоть у вас на антресоли. Для этого подошел цезий-133. Он излучает очень стабильное излучение, и было принято 9 192 631 770 периодов этого излучения и взять за 1 секунду. Но так получилось, что эта секунда оказалась чуть мельче той, что рассчитывается по вращению Земли. Поэтому в сутках 86400, 002 секунды. Поэтому приблизительно каждые 500 дней приходится добавлять 1 високосную секунду. И с 1972 года было произведено 35 таких добавлений. Кстати, последнее добавление производили в июне 2015 года.


V
v
v'
I
I'
B
J. CARPENTIER

5.7. Исследования Плутона (данные на июль 2015)

Мы живем в эпохальное время и являемся свидетелями исторических, грандиозных событий. 14 июля 2015 года космический аппарат «Новые горизонты» приблизился к Плутону на минимальное расстояние в 12 500 км.

«Новые горизонты»

Что же в этом такого? Начнем с того, что впервые в истории космический аппарат подлетает к Плутону. Этому беспилотному кораблю потребовалось 9 лет, чтобы преодолеть 4,5 млрд километров и достигнуть столь отдаленного объекта Солнечной системы. Это самый быстрый объект, который люди запускали с Земли. Согласитесь, такое происходит не каждый день, не каждый год, а примерно… один раз в историю человечества!

Но что особенного именно в Плутоне (помимо того, что все остальные планеты уже изучены)? На что потрачены 650 млн долларов? Поверьте, необычностей хватает, это уникальный объект.

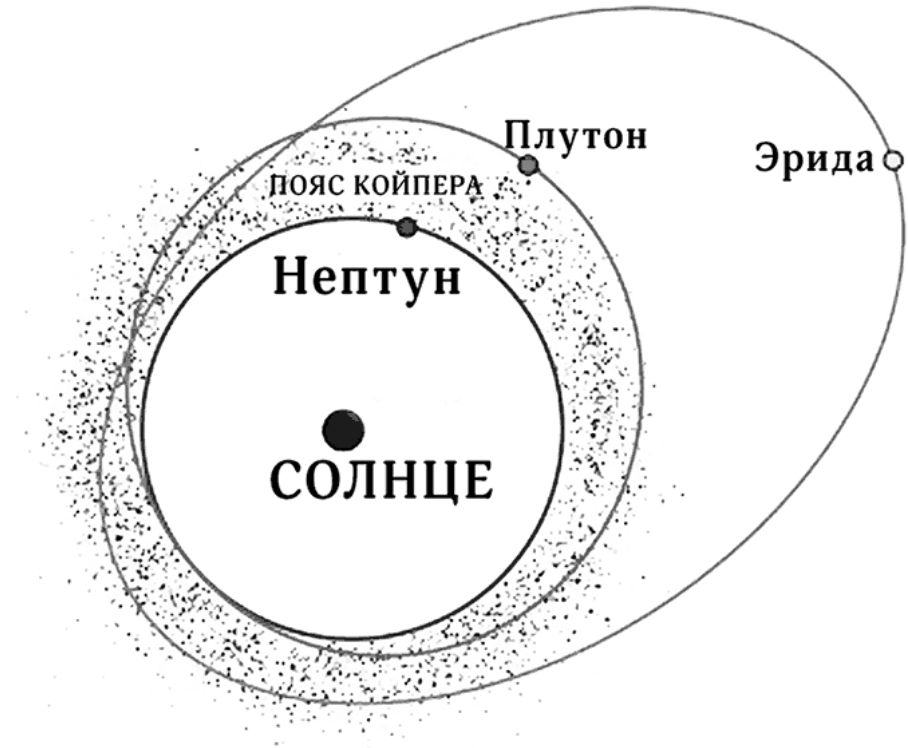
Плутон

Плутон – очень маленькая планета. Россия не поместилась бы на Плутоне: его площадь меньше, чем площадь нашей страны. Он находится на огромном расстоянии от Солнца, оно там видно уже как точка, а не как диск. Со времени открытия в 1930 году он еще даже не совершил одного оборота вокруг Солнца! Его период обращения вокруг Солнца – 247,9 земных лет! Он резко отличается от предшествующих ему планет-гигантов приблизительно во всем, поэтому так интересен ученым.

Вообще говоря, Плутон сейчас за планету не считают. Его относят в разряд карликовых планет. Почему? В последнее время было открыто очень много космических объектов за орбитой Нептуна, которые по размеру схожи с Плутоном. Оказывается, это один из многих объектов, которые образуют так называемый Пояс Койпера, и то, что его открыли первым, не должно наделять его особыми полномочиями.

Пояс Койпера

Это скопление ледяных глыб, карликовых планет, зародышей комет (чем-то похоже на пояс астероидов). Миллиарды лет они вращаются вокруг Солнца, и в них словно законсервированы секреты возникновения Солнечной системы. И изучив строение Плутона и его спутников, следы древних метеоритных бомбардировок, состав льдов, мы лучше сможем понять, как образовывалась Солнечная система. Так что Плутон интересен тем, что это крупнейший и ближайший представитель древнего пояса Койпера. Именно поэтому он так важен для астрономии.



Установленные приборы

Конечно же, на космическом аппарате установлены фотокамеры, одна обзорная Ralph, одна узконаправленная LORRI. На максимальном сближении разрешение будет 50 м на пиксель.

На нем также установлены различные приборы для исследования атмосферы (представьте, она там есть), тепловых свойств Плутона и даже частиц, которые как бы сдуваются солнечным ветром и словно образуют хвост кометы.

Есть даже прибор, измеряющий концентрацию пыли от столкновений астероидов, комет и прочих тел. Самое интересное, что этот детектор разрабатывался, создавался и управляется студентами. Беспрецедентный случай! Да уж, у кого-то будет очень интересный диплом.

Радиоизотопный генератор (РИТЭГ)

На таком огромном расстоянии от Солнца солнечные батареи, конечно, неэффективны. Поэтому используется другой источник энергии – радиоизотопный термоэлектрический

генератор. Он использует радиоактивный плутоний, но это не ядерный реактор! В нем не протекает цепная реакция, просто происходит естественный радиоактивный распад, из-за чего вещество нагревается. Далее это тепло преобразуется в электроэнергию. КПД, конечно, невысок, зато требуемая мощность в сотни ватт поддерживается десятки лет.

Гравитационный маневр

При пролете около Юпитера аппарат совершил некий гравитационный маневр. Оказывается, можно сделать так: при подлете к планете спутник как бы увлекается гравитационным полем и получает приращение скорости, не расходуя ни капли топлива. Как так? Просто происходит обмен энергиями с планетой. На сколько возрастает энергия спутника, на столько же уменьшается и у планеты. Но у нее такая огромная масса, что ее скорость изменяется ничтожнейше мало. Проще сказать – никак.

Двойная система

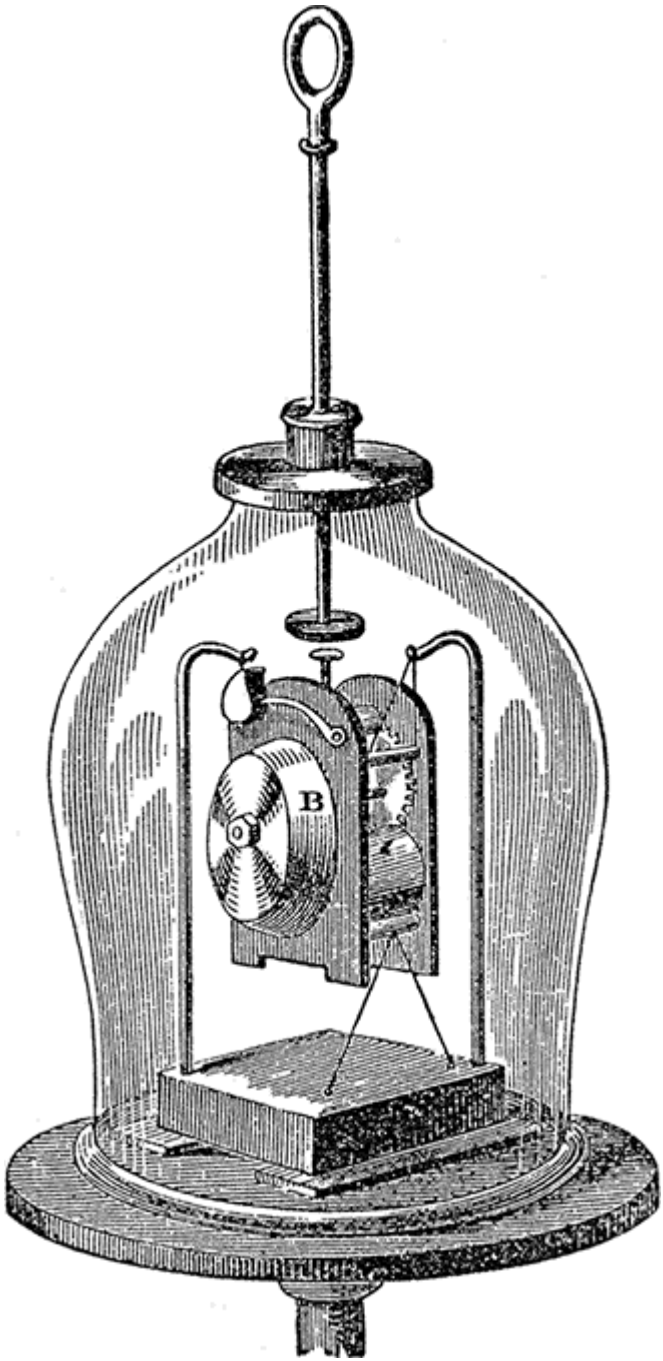
У Плутона, у этого крошки, целых 5 спутников. 4 из них очень крохотные, до 60 километров в диаметре. А вот один из них, Харон, большой, всего в два раза меньше самого Плутона в диаметре. Поэтому центр масс этой системы находится между ними, и они вращаются вокруг него. Тут уж нельзя утверждать, что Харон вращается вокруг Плутона, корректней сказать, что это двойная система. Можете сами это почувствовать. Возьмите легкий предмет и покрутитесь с ним. А теперь тяжелый. Чтобы его крутить, вы вынуждены будете сами вращаться.

«Новые горизонты» – самый далекий космический аппарат?

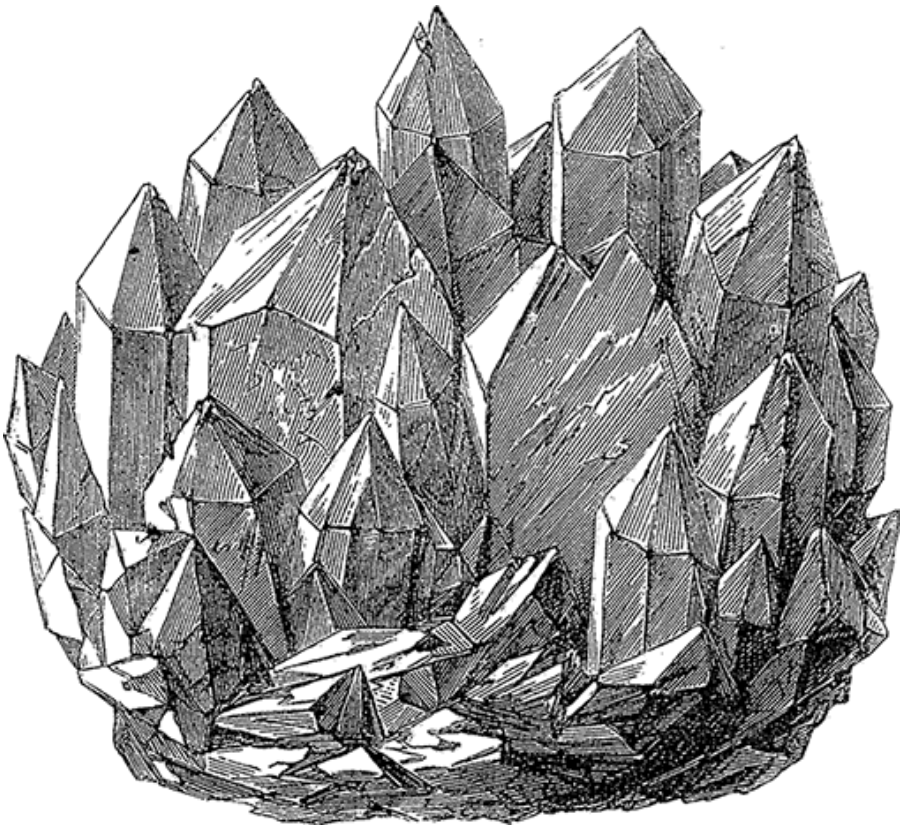
Вовсе нет. На данный момент самым удаленным рукотворным объектом является «Вояджер-1» – один из пяти космических аппаратов, покидающих Солнечную систему. Он был запущен еще в 1977 году, пролетел мимо Сатурна и Юпитера, а сейчас находится на расстоянии около 19 млрд км от Солнца. Свет туда идет больше 18 минут.

Сейчас сложно оценить значимость этой миссии, но пока такие есть, мы уверены – в нас еще есть дух первооткрывателей,

исследователей, мечтателей, странников и путешественников. Тех, кто открывает новые горизонты!



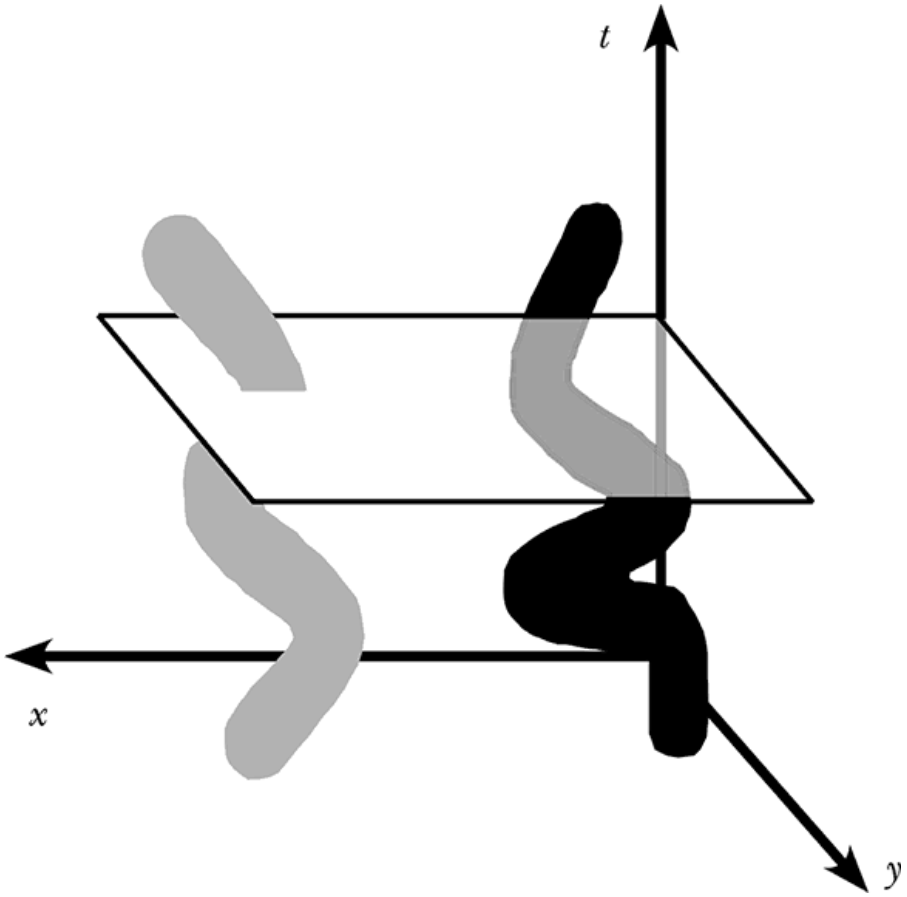
6. Только физика, только хардкор



6.1. Что такое время?

Мне больше нравится следующее определение: это то, что заставляет все события происходить не одновременно. Некоторые считают, что время – это фундаментальное понятие нашего мира, наряду с пространством. Другие полагают, что это субъективное ощущение, продукт мышления и восприятия нами окружающего мира. Так что единого подхода к глубинному пониманию времени пока что нет. Но есть вещи, в которых уверены практически все, ведь они проверены очень точными экспериментами.

Например, согласно общей теории относительности время – это всего лишь одна из координат четырехмерного пространства-времени, в котором мы все с вами живем. И для того понять связь с привычным нам 3-мерным, рассмотрим следующий пример. Давайте вообразим себе 2-мерное пространство, в котором живут какие-то 2-мерные существа. Они конечно же плоские, двигаются только вдоль осей X и Y, не умеют подпрыгивать и заглядывать сверху. Если человек окажется в таком пространстве, то он не будет для них виден полностью. Он же 3-мерный! Будет видно только лишь его сечение, проекция человека на это пространство. А теперь давайте представим себе, что третья координата – это время. Соответственно, наша плоскость будет плавно перемещаться вдоль этой оси. И наши 2-мерные создания мы можем представить в виде длиннющих-длиннющих червяков, которые проецируются в определенные моменты времени на плоскость в 2-мерные создания. Абсолютно такие же рассуждения можно привести и для 4-мерного пространства. Мы в нем являемся длиннющими-длиннющими червяками, которые начинаются при рождении и заканчиваются при смерти. Но в 3-мерном пространстве мы всегда видим только лишь проекцию, сечение этого объекта. Так что время можно запросто представлять в виде одной из координат 4-мерного пространства.



Но почему вдоль осей X, Y и Z мы можем двигаться как угодно, а вдоль оси времени – нет? Мы же не можем его остановить, ускорить или замедлить. Или можем? Оказывается, согласно теории относительности, время может протекать везде по-разному. Например, если вы движетесь с огромной скоростью мимо неподвижного наблюдателя, то, с его точки зрения, стрелки ваших часов будут двигаться медленней.

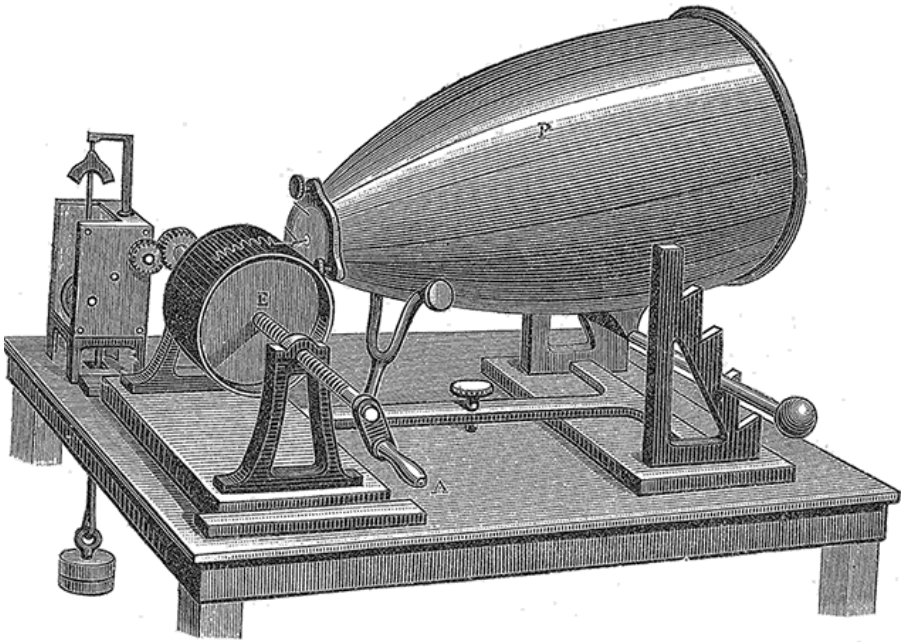
Есть и еще один фактор, влияющий на течение времени. Это гравитация. Чем она сильнее, тем время протекает медленней. И, кстати, чем ближе к Земле, тем гравитация же больше. Поэтому у всех у нас ноги моложе, чем голова! Конечно же эти эффекты несущественны при небольших скоростях и в слабых гравитационных полях. Однако они все равно учитываются при работе ускорителей, атомных часов, систем навигации. Время можно даже замедлить до полной остановки. Для этого надо, всего лишь навсего, оказаться на горизонте событий черной дыры, там, где колоссальная гравитация. Ну или двигаться со скоростью света. Хм… Только

представьте, если у каждого фотона на руке были бы часы, они бы стояли. Так что при определенных условиях мы, в принципе, можем менять течение времени.

Но вот повернуть его вспять вряд ли получится. Время протекает только в одном направлении, и с этим связаны фундаментальные законы, как ни странно, термодинамики.

Давайте рассмотрим такой пример: представьте себе фермера, у которого есть три разных овечки и три стойла, в которые он их загнал. Но по каким-то причинам он забыл закрыть стойла, и овечки, предоставленные самим себе, естественно, разбрелись по всей ферме. В таком состоянии вариантов расположения овечек намного больше! Величина, показывающая количество способов реализации того или иного состояния, называется энтропией. В нашем примере она увеличилась.

Короче, условно можно считать энтропию связанной с упорядоченностью системы. Чем меньше порядка, тем больше энтропия. И можно представить вместо овечек молекулы и их хаотичное движение. В замкнутой системе с течением времени порядка будет становиться все меньше и меньше, и энтропия будет возрастать. Кофе растворяется в молоке, воздушные шарики сдуваются. Можно более глобально: египетские пирамиды рано или поздно развалятся, звезды взорвутся и рассеются, каждый из нас когда-нибудь умрет и распадется на отдельные молекулы. Все во Вселенной стремится из более упорядоченного состояния перейти в более хаотичное, с увеличением энтропии. Именно в эту сторону направлено течение времени. Это можно использовать и в корыстных целях. Если у вас комнате беспорядок, вы можете просто оправдаться тем, что: «Это не я, это энтропия увеличивается!»


P
E
A

6.2. Теория струн для «чайников»

Теория струн в наше время у всех на слуху, это модный тренд в современной науке. Но что же это такое и почему к ней так много внимания? Давайте попытаемся разобраться.

Для начала надо сказать, что истинного знания в науке нет. Любая теория – это всего лишь математическая модель, описывающая реальность с какой-то определенной точностью. Взять, например, электрон. Есть море теорий, благодаря которым можно рассчитать его координаты, размеры, массу, заряд: классическая, релятивистская, квантовая, струнная. В каждой из теорий учитываются определенные свойства электрона, но вряд ли абсолютно все. Поэтому они выдают результат определенной точности все по-разному.

Для сравнения представим художника, который рисует картину. Он может изобразить на полотне основные характерные особенности объекта – цвет, форму, объем, не уделяя внимания более тонким деталям типа бликов, фактуры, крапинок. Так же и научные теории: в них передается реальность, но через математические термины, причем физические объекты в ней могут быть похожи на что угодно – шарики, волны, стрелочки, палочки. Но это не так важно, если теория дает точные результаты и верные предсказания.

На данный момент есть две глобальные, очень точные теории. Первая – общая теория относительности (ОТО), которая объясняет все свойства гравитации и считает пространство гладким. Вторая – квантовая теория поля (КТП), объясняющая поведение частиц в микромире и считающая пространство заполненным непрерывными осцилляциями и флуктуациями (хаотичными колебаниями) полей. Но есть проблема. ОТО выдает очень точный результат на больших масштабах, но на микроскопическом уровне ее формулы дают нелепые значения. В свою очередь, квантовая теория поля отлично описывает микромир, однако на больших расстояниях трудно применима. Можно сказать, две эти теории, примененные на одинаковом масштабе, противоречат друг другу.

Но внутренний голос подсказывает нам, что мир не может быть устроен так, что на разных масштабах действуют разные формулы и принципы. Должна существовать теория, которая одинаково хороша на всех масштабах. Это и будет самое точное описание мира, самая детальная картина вселенной.

Одним из вариантов такой теории является теория струн.

Суть теории

Согласно этой теории, в пространстве на очень малых масштабах (10^{-35} метра, это на 20 порядков меньше протона) возникают полевые колебания, стоячие волны, которые похожи на колебания обычных струн. Эти колебания несут в себе энергию, которая соответствует определенной массе по знаменитой формуле $E=mc^2$ и, соответственно, частице с такой массой. Спектр колебаний широк, поэтому из него мы и получаем все многообразие элементарных частиц – электроны, нейтрино, кварки и т. д.

Еще раз повторим, это – математическая абстракция. Просто она очень хорошо подходит для описания взаимодействия частиц, да и сами частицы можно представить как энергию колебания струн.

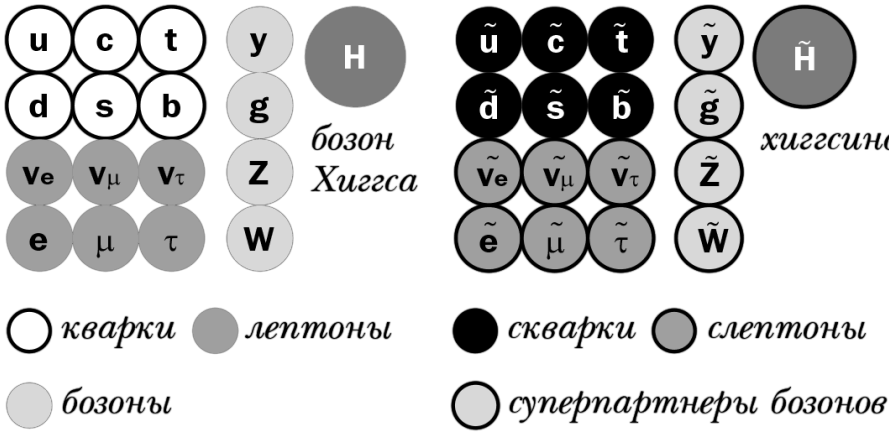
Эта теория хорошо объясняет, почему у разных частиц именно такая масса, почему физические константы именно такие. Оказалось, что колебания струн могут гасить и уравновешивать микроскопические квантовые флуктуации и приводить в согласование ОТО и КТП, чего так долго добивались физики.

И на момент создания теории, в начале 70-х годов, казалось, что именно этот подход может быть универсальным для абсолютно любых масштабов и может стать основой единой теории, описывающей наш мир. Но в струнной теории оказалось много проблем. Некоторые уже решены, некоторые еще нет.

Решенные проблемы

Тахион. В первой редакции теории струн присутствовала частица с мнимой массой, квадрат которой был отрицателен. Такие частицы могут двигаться быстрее скорости света, что противоречит всем опытным наблюдениям и предыдущим теориям. Решение этой проблемы – введение суперсимметрии. Дело в том, что все частицы делятся на фермионы – это частицы вещества, и бозоны – это переносчики взаимодействий. Фермионы как бы перекидываются бозонами и таким образом притягиваются, отталкиваются – в общем, взаимодействуют. И пока никаких соответствий между двумя этими классами не найдено.

Суперсимметрия провозглашает, что у каждого фермиона есть родственник из мира бозонов, очень на него похожий. Если это так, то никаких тахионов не должно существовать, и проблема исчезает.



Минимальная суперсимметричная стандартная модель

К тому же в четырехмерном мире эта теория не сходится с КТП. Адекватно теория струн выглядит только в 11 измерениях. Почему мы не видим лишние 7 пространственных измерений? Пока ответ такой: на очень малых масштабах они сворачиваются и замыкаются сами в себя, как лента Мебиуса, так что в нынешних экспериментах не наблюдаются.

Нерешенные проблемы

В 2003 году выяснилось, что свернуть 11 измерений в 4 можно разными способами. Существует 10^{500} вариантов, как это сделать, и в каждом варианте получается разная вселенная, с разными фундаментальными постоянными, разными размерами бургеров, разными конституциями и разными вкусами фисташек. Есть мнение, что здесь замешан антропный принцип: человек существует именно в такой Вселенной, в которой его существование возможно.

К тому же математический аппарат теории струн необычайно сложен. Частенько пользуются упрощенными вычислениями, что, конечно, точности не повышает. Для многих новых идей в этой теории еще не существует математических методов, поэтому все приходится придумывать с нуля.

И одна из самых важных проблем теории: пока нет опытных доказательств, даже косвенных. Ни суперсимметрия, ни какие-то другие следствия теории струн не подтверждены. Так что многие к ней относятся скептически, больше как к математике, нежели физике. Большие надежды возлагали на Большой адронный коллайдер, однако пока все серии опытов не привели к успеху.

Но все же ученые по всему земному шару продолжают работать в этом направлении, и каждые несколько месяцев появляются новые достижения, новые открытия. Действительно, слишком заманчивой кажется теория, которая может объяснить все. И наверняка каждый, кто работает над ней, хочет поставить в ней точку, чтобы у человечества появилась ясная и четкая картина, «как устроен мир».

6.3. Теория относительности для «чайников»

Так ли прост окружающий нас мир?

В каждой науке, пожалуй, есть самая интересная, основополагающая и фундаментальнейшая теория. Такая теория, которая в корне сменила научную парадигму и дала невероятный импульс для развития этой науки. В биологии – эволюция, в химии – периодический закон Менделеева, в физике – пожалуй, теория относительности.

Чем она такая особенная, как заслужила такую популярность? Ведь поначалу она казалась настолько необычной, новаторской, экстраординарной и мозговзрывательной, что не все видные физики хотели ее принимать. А в наши дни наверняка о ней слышали все.

Все дело в том, что она ликвидировала все несостыковки в физике того времени, заставила в корне поменять мнение о структуре пространства и времени и, прекрасно согласуясь с экспериментом, позволила предсказать много новых физических явлений, на основе которых созданы новые успешные теории и устройства, которыми мы сейчас пользуемся и даже этого не замечаем.

Для начала нужно отметить, что есть две теории относительности: специальная, которая рассматривает протекание физических процессов в равномерно движущихся объектах, и общая, которая рассматривает ускоряющиеся объекты и объясняет происхождение гравитации. Понятное дело, специальная теория относительности (СТО) появилась раньше и по сути является частью общей.

Специальная теория относительности

Сначала речь пойдет о частной теории относительности. В ее основе лежит принцип относительности: все законы природы одинаковы и относительно неподвижных, и относительно равномерно движущихся тел. Казалось бы, все очень просто. Но из этого следует, что и скорость света, огромная величина, относительно любых тел будет одинакова. И вот из этого следует очень много необычных выводов, которые сложно укладываются в голове.

Например, представьте себе, что вы летите на космическом

корабле со скоростью 100 000 км/с. На борту установлена лазерная пушка, которая стреляет вперед фотонами. Относительно корабля они летят со скоростью 300 000 км/с. А относительно неподвижного наблюдателя? Казалось бы, скорости должны складываться, но нет! Точнейшие эксперименты показывают, что тоже со скоростью 300 000 км/с. То есть как будто скорость корабля не добавляется!

Относительно любого тела скорость света будет неизменной величиной, с какой бы скоростью вы ни двигались. То, что свет движется всюду одинаково, влечет за собой очень много необычных следствий.

Первое – замедление времени. Вообразите два корабля, которые летят на очень больших скоростях параллельно друг другу на расстоянии. Если один из них посылает световой импульс другому, и тогда он проходит это расстояние за время $t' = L'/c$, то есть расстояние между ними $L' = ct'$. Но со стороны мы видим, что свет шел по наклонной траектории. Согласно Эйнштейну, с той же скоростью. Но теперь он прошел другой путь! А именно $L = \mathrm{sqrt}(L'^2 + v^2t^2) = ct$. И если отсюда выразить время t, то получится, что на одно и то же действие со стороны свету потребовалось больше времени, чем с точки зрения капитанов кораблей. Значит, время протекает медленнее у движущихся кораблей, нежели у неподвижного наблюдателя. Степень замедления зависит от скорости. Чем она ближе к скорости света, тем медленнее течет время. Самое необычное, что по достижении скорости света время вообще останавливается! И фотоны, движущиеся с этой скоростью, вообще не знают, что такое время. Оно для них остановлено. Их рождение, полет и смерть происходят в один миг.

$$t' = t \times \sqrt{(1 - v^2/c^2)}$$

Вот видите, предположив, что скорость света всегда одинакова и использовав теорему Пифагора, мы доказали то, что 100 лет назад просто взрывало мозг лучшим физикам планеты. Самое главное, этот эффект на малых скоростях проявляется ничтожно мало, но точнейшие эксперименты, в которых атомные часы сутками летают на самолете, это подтверждают. Это правда! Замедление времени дает о себе знать, когда из космоса, с расстояний в миллионы световых лет, к нам прилетают частицы, которые живут всего доли секунды. Просто они движутся с настолько огромной скоростью, что время у них замедляется очень сильно и они успевают пролететь это расстояние.

Стоит отметить, что замедление времени будет происходить

с точки зрения неподвижного наблюдателя. На самих ракетах никто не заметит ничего необычного. Вот именно, что все дело в относительности. Только в относительно движущемся теле проявляется этот эффект.

Теперь становится понятным, почему фотоны, испущенные лазерной пушкой, не движутся быстрей скорости света. Просто там замедляется время. И когда проходит одна секунда, у света, испущенного с корабля, прошла не секунда, а меньше. Поэтому он и проходит меньше, но к этому добавляется скорость корабля, и получается опять же скорость света! Бинго!

Второе. По ходу движения предметы сокращаются! Действительно, длину предмета можно рассчитать, умножив скорость света на время, за которое он пройдет из начала в конец предмета. Но опять же, раз в движении время замедляется, то и длина будет меньше. Представьте себе, если мимо вас будет пролетать ракета длиной в 100 метров со скоростью 250000 км/ч, то по нашим измерениям, ее длина будет около 55 метров.

$$L' = L \times \sqrt{(1 - v^2/c^2)}$$

Третье. События, одновременные с точки зрения движущегося наблюдателя, будут не одновременны для неподвижного.

Действительно, представьте себе, что спереди и сзади ракеты есть огни, которые загораются при попадании на них светового сигнала, посланного из центра ракеты. Относительно ракеты лампочки загораются одновременно, но относительно неподвижного наблюдателя световой сигнал движется влево и вправо с одинаковой скоростью, а значит, задняя загорится быстрее, чем передняя.

Четвертое. При движении масса тела увеличивается вплоть до бесконечности. Правда, сейчас считается моветоном так говорить, лучше считать, что увеличивается импульс, но это уже тонкости.

И пятое. Согласно специальной теории относительности получается, что энергия рассчитывается так:

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Если скорости небольшие, то выражение можно разложить в ряд:

$$E = mc^2 + \frac{mv^2}{2} + \frac{3mv^4}{8c^2} + \dots$$

Тут вы можете увидеть кинетическую энергию $mv^2/2$. Остальные слагаемые крайне малы. И если тело покоится, то формула превращается в ту самую, которая является чуть ли не символом теории относительности:

$$E = mc^2$$

Как видите, даже в покое у тела есть энергия mc^2! Это энергия покоя, она есть в каждом теле. Можете даже посчитать, сколько в вас энергии. Проблема в том, что извлечь ее достаточно трудно, ведь для этого ваша масса должна куда-то исчезнуть. Но как раз-таки в ядерных реакциях масса продуктов совсем чуть-чуть отличается от массы реагентов. И эта разница превращается в колоссальную энергию! Например, если потеря массы всего 0,0006 грамма, то выделяется 54 000 000 000 000 Дж энергии! Это энергия ядерного взрыва бомбы, сброшенной на Хиросиму!

Все эти следствия приводят к тому, что скорость света – максимально возможная скорость движения тел и распространения информации. Ведь если ее превысить, время и длина теряют смысл. А для тел, имеющих массу, она вообще недостижима, ведь при разгоне масса увеличивается до бесконечности, и никакой энергии не хватит, чтобы достичь скорости света. Так могут двигаться только безмассовые частицы, например фотоны.

Вот так и получается, что у каждого движущегося объекта могут быть свое собственное время и свои размеры. И это поистине удивительно, ведь получается, что такие абсолютные величины, как время, длина и энергия, относительны.

Теория относительности учитывается при движении электронов в крупных атомах, где их скорость может быть близка к скорости света. Она может объяснить притяжение к электромагнитам, ведь при пропускании электрического тока заряды определенного знака начинают двигаться, при этом сокращаясь и уплотняясь, и тем самым создавая силу электрического притяжения, хотя мы привыкли называть это магнетизмом. Теория относительности дала ключ к пониманию процессов в ядре и многому другому, всего не перечислить.

Общая теория относительности

До сих пор мы говорили о специальной теории относительности и ее эффектах. А сейчас перейдем к ее логическому продолжению, обобщению – ОТО. И чтобы лучше ее понять, нам необходимо объединить два факта.

Первое. Мы живем в четырехмерном пространстве-времени. Испокон веков считалось, что такие фундаментальные понятия, как пространство и время, не зависят друг от друга. Но СТО нашла связь между ними, и она оказалось такой сильной, что стало понятно: это проявление одной сущности, которую назвали пространственно-временной континуум. Это и есть четырехмерное пространство-время. И все мы являемся четырехмерными объектами. Просто мы, жалкие создания в этой вселенной, не можем видеть все 4 измерения одновременно, а только лишь по частям: либо как пространство, либо как время. По сути, мы всегда воспринимаем проекцию четырехмерного объекта либо на пространство, либо на время, словно объекты отбрасывают тени на координатные оси. (Можно привести в пример следующую абстракцию: пространство-время – это словно цилиндр. Но мы видим либо его проекцию как круг, например время, либо как прямоугольник – пространство.)

Примечательно, что теория относительности не утверждает, будто объекты меняются при движении. Заметьте, размеры теней/проекций не должны совпадать с размерами объекта. Четырехмерные объекты остаются неизменными, но при относительном движении их проекции меняются, и мы воспринимаем это как замедление времени, сокращение размеров и так далее.

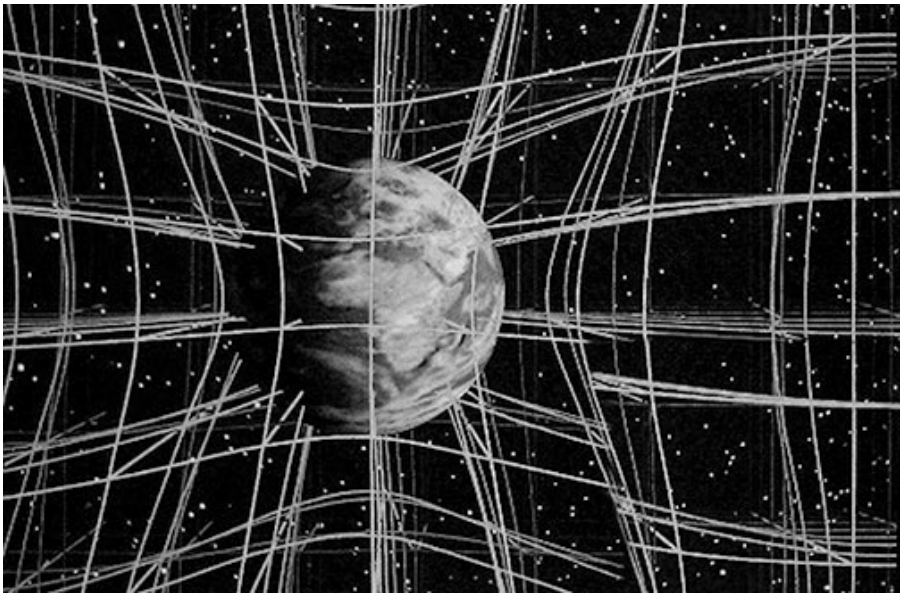
И второй факт: все тела падают с постоянной скоростью, а не разгоняются. Как это так?

Давайте проведем мысленный страшный эксперимент. Представьте, что вы теряете сознание, потом приходите в себя и оказываетесь в непрозрачной кабине лифта. На вас наручники, рядом пила, в общем, ужас. Необычности добавляет то, что вы находитесь в невесомости. На экране телевизора появляется кукла и говорит: «Сейчас ты находишься в невесомости, и это могло произойти по двум причинам. Либо ты находишься в далеком-далеком космосе и просто летишь по инерции равномерно. Либо ты свободно падаешь на землю под действием гравитации (действительно, и вы, и лифт будете падать синхронно, поэтому относительно стенок лифта вы будете висеть в невесомости). Угадай, в какой ситуации ты находишься, иначе…»

Проблема в том, что, не выглядывая из лифта, вы никак не сможете отличить эти два случая. Так что вы обречены.

Ну да ладно! Это мысленный эксперимент, все остались живы. Интересно то, что отличить эти два случая друг от друга невозможно. Хотя в первом случае скорость постоянна, а во втором – увеличивается. Падение-то происходит в четырехмерном пространстве.

Эйнштейн выдвинул дерзкую мысль: а что, если движение под действием гравитации – это и есть равномерное движение по инерции? Все удивились: как это может быть? Ведь по инерции движутся равномерно, с постоянной скоростью. Но равномерным это движение является в четырехмерном пространстве-времени. Массивные тела искривляют четырехмерное пространство, и равномерное движение объектов в нем проецируется в трехмерное в виде ускоренного под действием гравитации. Ну или вообще по окружности, параболе и т. д.



Невероятно трудно представить, как искривляется четырехмерное пространство. Чтобы это воочию увидеть, нужно быть пятимерным существом. Давайте рассмотрим более простой, хоть и не очень корректный пример.

Каждое массивное тело искривляет под собой пространство, создавая тем самым некую образную воронку. Другие тела, пролетающие мимо, не могут продолжить движение по прямой и изменяют свою траекторию согласно изгибам. Ну а если энергии у тела не очень много, его движение может стать даже замкнутым. Стоит отметить, что с точки зрения движущихся тел они перемещаются по прямой, по инерции, и не чувствуют ничего такого, что заставляет их повернуть. Просто они попали в плохую компанию, то есть в искривленное пространство, в котором, сами того не осознавая, скатываются по наклонной, то есть имеют непрямолинейную траекторию. Для них это равномерное движение. Конечно, не стоит забывать, что искривляется на самом деле четырехмерное пространство, в том числе и время, так что к этой аналогии нужно относиться очень осторожно.

Таким образом, в ОТО гравитация – это вообще не сила. Это не сила действует на падающее яблоко. Это пространство кривое, и нам кажется, что тела в нем притягиваются. Хотя это просто проявление искривления. Общая теория относительности на данный момент является самой рабочей теорией возникновения гравитации и хорошо согласуется с экспериментом.

Следствие № 1. Гравитационные линзы

Общая теория относительности порождает удивительные следствия. Например, искривление световых лучей около массивных объектов. Сейчас это называют гравитационным линзированием. Обнаружено очень много далеких космических объектов, которые прячутся от нас за другими. Но мы их все равно увидели. Ведь лучи света, пройдя мимо массивного объекта, искривляются и попадают к нам. В итоге мы даже видим несколько искаженных изображений объекта, а не одно.

Следствие № 2. Замедление времени

Время замедляется при наличии гравитации. Действительно, чем сильнее гравитация, тем медленней течет время. Поэтому у тех, кто работает на первом этаже, рабочий день длится чуть дольше, чем у тех, кто на последнем.

Этот факт, кстати, учитывается при работе GPS и ГЛОНАСС. На спутниках установлены точнейшие атомные часы, и необходимо точно отслеживать, как будет искажаться время на большом расстоянии от Земли. Если этого не делать, уже через сутки погрешность координаты будет составлять километра два! Так что, когда вы пользуетесь навигатором, помните: именно благодаря Эйнштейну вы можете найти, где этот клуб или где поблизости купить пончики.

Следствие № 3. Черные дыры

Возможно существование черных дыр, в которых гравитация настолько сильна, что на каком-то расстоянии время просто-напросто останавливается и свет оттуда не может вылететь. Однако в центре черной дыры из-за неконтролируемого гравитационного сжатия образуется объект с бесконечной плотностью, который называют сингулярностью. Теория относительности не дает ответа на вопрос, что происходит именно в сингулярности, этот вопрос пока остается открытым.

Парадоксы

Самым известным парадоксом теории относительности является парадокс близнецов. Представьте, что один из двух близнецов отправляется в космическое путешествие на супермегакосмическом корабле. Он разгоняется до околосветовой скорости и так летит 20 лет. Потом разворачивается и летит обратно на Землю. Для его земного близнеца пройдет 40 лет. Однако для космонавта пройдет всего 5 лет, ведь он двигался с большой скоростью, и время у него замедлилось. Это удивительно, но парадокс не в этом.

Парадокс вот в чем. А что, если считать, что космонавт был неподвижен, а это Земля удалялась от него и это у земного близнеца замедлилось время и он должен быть моложе? Как же на самом деле будет?

А будет так: моложе все-таки останется космонавт. И правда, все выводы специальной теории относительности подходят только для равномерно движущихся объектов, ведь всякое равномерное движение равнозначно другому. Однако здесь космонавт ускоряется, тормозит и чувствует это ускорение. Представьте даже: построили две ракеты без окон и дверей, только одна фальшивая, а другая настоящая. Посадили в каждую

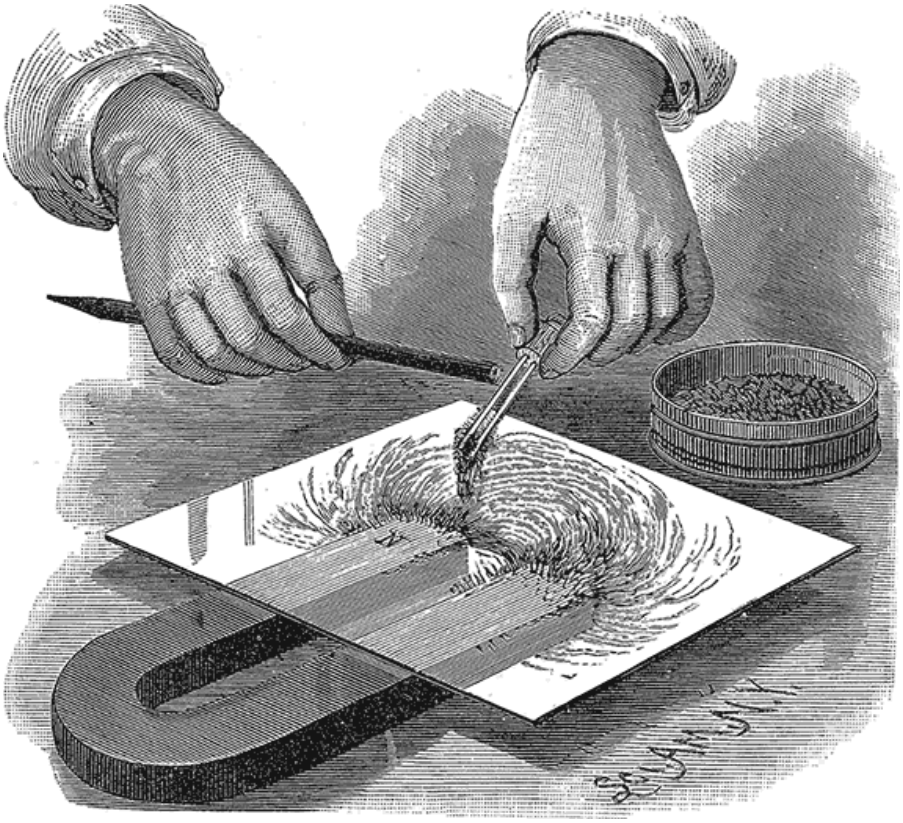
из них близнецов, и одна из ракет улетела. Когда один из близнецов поймет подвох? Да сразу же, ведь он не почувствует ускорения! Значит, ракеты не равнозначны, значит, нельзя их просто менять местами без дополнительных оговорок. Более детальный подсчет показывает, что именно космонавт будет моложе.

Искривление пространства. Сфера Римана

Как уже было сказано, невероятно трудно представить, как искривляется четырехмерное пространство. Мы, трехмерные создания, легко можем увидеть только то, как искривляется двухмерное пространство – плоскость. Оно даже может стать замкнутым. И в этом искривленном пространстве могут происходить необычные вещи. Например, представьте, что двухмерные существа поругались, расстались, решили никогда не видеться и разошлись под углом в 90 градусов друг к другу. Если бы пространство было плоское, то они никогда бы и не встретились. Но если оно кривое, то, долго-долго бредя по прямой линии, они снова увидят друг друга! Простят, забудут все обиды… Эх, как хорошо, что оно искривлено!

Этим можно объяснить движение, например, яблока, брошенного вверх. По одной оси отложено время, по другой координата яблока. Я бросаю яблоко вверх, по координатной оси. И оно, согласно общей теории относительности, будет лететь равномерно и прямолинейно вдоль этой оси. Но все кривое, и эта ось как бы опять пересечет временную. Таким образом яблоко опять окажется в той точке, откуда стартовало.

Такая аналогия не совсем корректна, так как искривляется еще и время, но не стоит преуменьшать ее значимость – она очень понятная. Не стоит также забывать, что искривляется не двухмерное пространство, и даже не трехмерное, а четырехмерное!



6.4. Левитация. Реальные способы

Согласитесь, было бы здорово, если бы мы умели летать благодаря только силе мысли. Становиться легкими, как пушинка, парить над землей, преодолевать огромные расстояния по воздуху, словно сказочный Питер Пэн… Эх, мечты, мечты! Такое возможно только в далеком будущем. А может быть, нет?

Что такое левитация?

Это состояние, в котором объект парит в пространстве без какой-либо механической поддержки и опоры и не отталкивается от воздуха, как птица или насекомое. Для левитации необходимо выполнение двух условий: наличие силы, противодействующей силе тяжести, и стабилизация в устойчивом положении равновесия.

Существует огромное количество простых и неинтересных способов, благодаря которым небольшие тела могут парить в воздухе и которые технически можно назвать левитацией. Например, благодаря выталкивающей силе Архимеда. Если мы возьмем прозрачный газ тяжелее воздуха, например элегаз, то легкие объекты будут плавать на его поверхности, как корабли на поверхности воды. Невесомость на орбите или специальном самолете – тоже в какой-то степени левитация. Существует левитация в акустических стоячих волнах, которые всегда представляют собой волны сжатия-разрежения. Небольшие предметы могут зависать в областях разрежения, где плотность ниже.

Есть и более интересные способы. Например, магнитная левитация с обратной связью. Магниты могут притягиваться друг к другу. Однако повесить один магнит на другой невозможно, ведь такое состояние неустойчиво. Но если вместо верхнего магнита использовать электромагнит, который можно включать и выключать, и систему обратной связи, то можно добиться левитации. Действительно, как только нижний магнит начинает притягиваться, система обратной связи отключает верхний. Нижний начинает падать, верхний включается. Если очень точно отслеживать положение магнита, то эти колебания будут незаметны, и можно сказать, что возникает левитация. На этом принципе основаны высокоскоростные поезда на магнитной подвеске – маглевы, а также левитирующие глобусы,

продающиеся во многих сувенирных магазинах.

Но мы вряд ли станем в будущем пользоваться этими громоздкими и затратными способами, для того чтобы парить в воздухе. Есть ли что-то более простое, эффектное и элегантное? Есть!

Эффект Мейснера

Для начала рассмотрим очень интересный эффект. Что будет, если уронить магнит? Да ничего особенного, он просто упадет. Но если мы посмотрим, как он будет падать в медной трубе, то увидим: он многократно замедляется и медленно опускается, словно возникает сила, противоположная притяжению к земле.

Дело вот в чем. Когда магнит начинает падать, то по закону электромагнитной индукции, так как магнитный поток постоянно изменяется из-за движения магнита, в трубе возникает индукционный ток. И из-за этого труба тоже становится магнитом, пока в ней течет ток. Но по правилу Ленца полярность этого магнита противоположна полярности падающего, и в итоге возникает сила отталкивания.

По этим же фундаментальным принципам эффект работает в любом направлении. Куда бы ни двигался магнит, окруженный проводником, он всегда встречает сопротивление. Это как селебрити: чем крупнее звезда, тем больше фанатов мешают ему (или ей) пройти куда бы то ни было.

Однако если у проводника есть сопротивление, то наведенные токи затухают, и сила сопротивления, хоть она и есть, но недостаточно большая, чтобы полностью остановить магнит. Но если бы проводник имел нулевое сопротивление, то эти токи никогда не затухали бы, и сила сопротивления полностью гасила бы любое перемещение магнита. Это и происходит, если мы поднесем магнит к сверхпроводнику.

У многих материалов есть интересное свойство: при охлаждении до температуры ниже какой-то критической у них полностью пропадает электрическое сопротивление. У всех по-разному. Одно из самых теплых веществ – это оксид иттрия-бария-меди. Его критическая температура −180 °C. Его охлаждают жидким азотом, и магнит, помещенный над ним, словно замирает. Действительно, ведь при любом движении возникают незатухающие токи, которые порождают сопротивление движению. Получается, если над сверхпроводником поместить магнит, то в сверхпроводнике возникнут незатухающие токи, магнит будет отталкиваться

и зависнет в воздухе! И он будет висеть так, пока свехпроводник будет сохранять нулевое сопротивление. Это явление также имеет название «гроб Магомета».

Диамагнитная левитация

Это все замечательно, но может ли человек левитировать сам по себе? Технически – да. Но для этого он должен оказаться в очень сильном магнитном поле (около 16 Тесла), а это большие проблемы для ферромагнетиков рядом. В магнитно-резонансном томографе, где поле до 9 Тесла, парить вы не будете.

Дело в том, что практически все вещества хоть как-то, но взаимодействуют с магнитным полем. По характеру взаимодействия их делят на ферромагнетики, парамагнетики, диамагнетики.

Ферромагнетики очень сильно намагничиваются и во внешнем магнитном поле сами становятся магнитами, поэтому очень хорошо притягиваются. Это такие активисты, подрывные личности, активно участвующие в магнитной жизни. Парамагнетики намагничиваются слабо и притяжение невелико. Это такие флегматичные, малоактивные, но податливые ребята. А вот диамагнетики намагничиваются противоположно внешнему полю, поэтому они становятся магнитами с противоположной полярностью и отталкиваются от источника магнитного поля. Это вялые, малоактивные ворчуны, которым не нравится магнитное поле, и они хотят неспешно его покинуть.

И самое главное. Диамагнетиками являются, например, висмут, пиролитический графит и вода. А из воды в большей степени состоят все живые существа, да и мы на 60 % из нее состоим. Так что живые существа могут левитировать в сильном магнитном поле. Это подтверждено опытами на лягушках, кузнечиках, мышах. Забавно, но за это исследование нобелевский лауреат Андрей Гейм в 2000 году получил Шнобелевскую премию.

Ну и если удастся создать сильное магнитное поле в достаточно большом объеме, чтобы поместился человек, нет никаких препятствий для его левитации.

Но даже если человек левитирует, как управлять полетом? У левитации действительно есть одна проблема. Если человек окажется в воздухе, то, чтобы перемещаться в пространстве, он должен отталкиваться от чего-то или использовать реактивную тягу. Иначе он будет просто барахтаться в воздухе и не сможет никуда сдвинуться. Ведь, чтобы двигаться, нужно от чего-то оттолкнуться.

6.5. Можно ли увидеть атомы по отдельности?

Со школьного возраста мы знаем, что все окружающие нас тела состоят из атомов. Но нам не показывали никаких фотографий, мы не видели их в микроскоп, а просто поверили. Так можно ли увидеть атомы по отдельности и убедиться в их существовании?

Давайте разбираться. Человеческий глаз может увидеть объекты размером не менее 0,05 мм. Но атомы намного меньше! (От 64×10^{-12} м до 450×10^{-12} м) Они настолько маленькие, что если увеличить их до размеров клубники, клубника будет размером с Землю. Поэтому увидеть их можно разве что в микроскоп. Но не все микроскопы подойдут для подглядывания за атомами.

Оптический

Самый простой и старый тип микроскопов. Для того, чтобы увидеть какой-либо объект (причем не только в микроскопе), его необходимо осветить. В оптическом микроскопе для этого используется свет, который воспринимает человеческий глаз. Это волны видимого диапазона, длина волны которых колеблется от 700 до 400 нанометров.

Размер этих волн в тысячи раз больше, чем размер атомов. Поэтому при освещении отдельных атомов они огибают их. Или отражаются, не передавая структуры поверхности. Пытаться увидеть атом в оптический микроскоп – то же самое, что экскаватором ловить комара! Или как вентилятором сдуть ровно одну пылинку со стола.

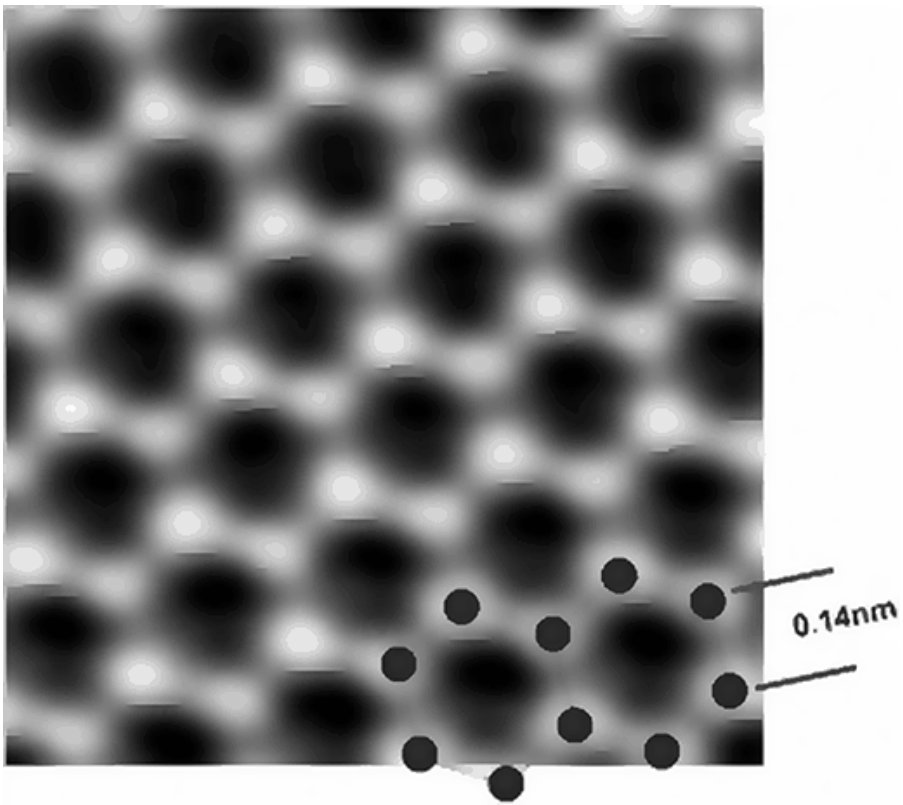
В обычный оптический микроскоп любая поверхность будет видна как сплошная, а не состоящая из отдельных атомов. В него невозможно увидеть атомы и детали, размеры которых меньше половины длины волны света, то есть около 200 нанометров. Это – дифракционный предел, который присущ любым волнам. И чтобы преодолеть его, нужно освещать объект чем-то другим.

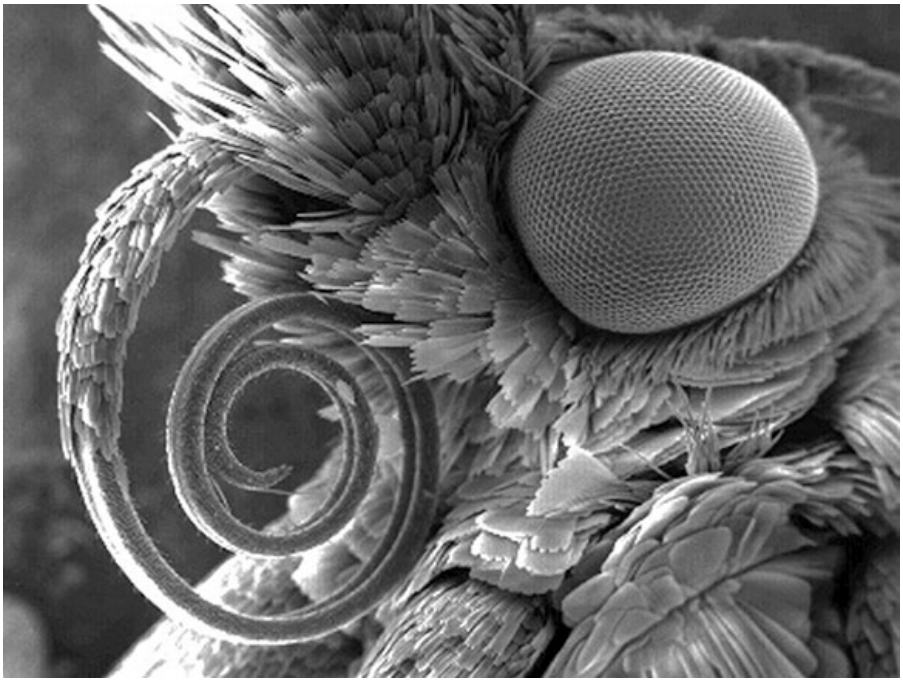
Электронный

В электронном микроскопе образец освещается пучком

электронов, которые не так просты, как кажется на первый взгляд. Они, как и все остальные элементарные частицы, могут проявлять волновые свойства. То есть поток электронов можно рассматривать как волну. И если разогнать его до огромной скорости, его длина волны будет меньше размеров атомов.

Дифракционный предел электронного микроскопа в тысячи раз меньше, чем у оптического. Поэтому в него можно разглядеть ну очень маленькие объекты! Электронный микроскоп может давать изображение отдельных атомов, и, хотя они получаются немного нерезкими, их все-таки можно увидеть по отдельности. Значит, они существуют, ура!





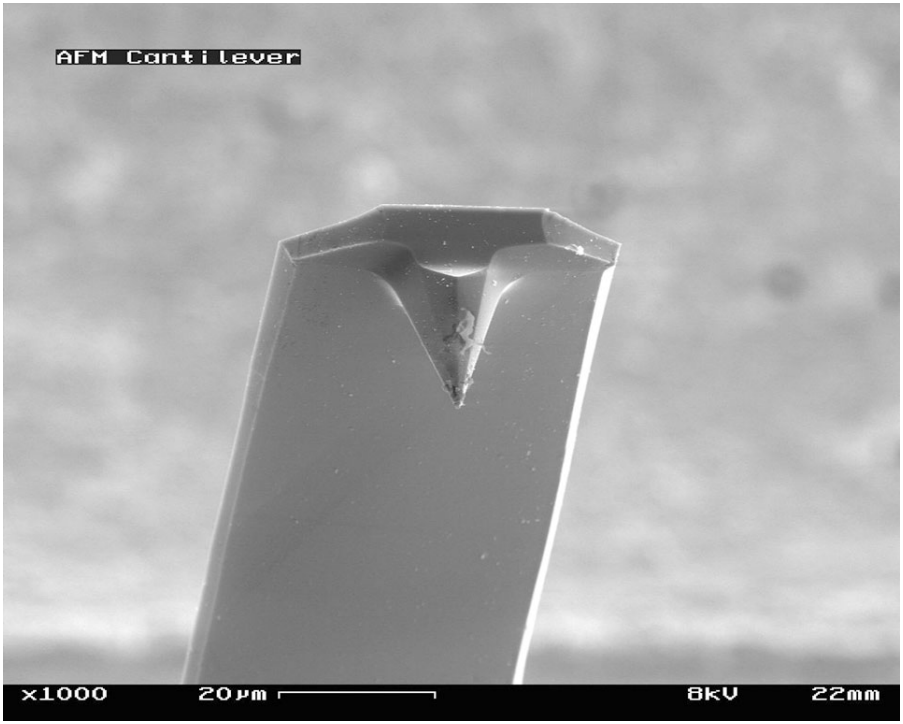
Электронные микроскопы вообще отличная штука, особенно растровые. В них пучок электронов сканирует объект, и благодаря тому, что его можно сделать очень тонким, сохраняется феноменальная резкость по всей площади изображения, чего очень сложно добиться на оптических микроскопах. Изображение получается в градациях серого, но его можно потом раскрасить. Забавно, но неметаллические предметы покрывают тонким слоем золота. Ведь под градом из электронов на поверхности быстро накапливается заряд. Золото очень хорошо проводит ток и уносит лишнее электричество.

Зондовый

Но, пожалуй, самый необычный и интересный – сканирующий зондовый микроскоп. В него тоже можно увидеть отдельные атомы, ведь он работает следующим образом.

Это очень тонкая игла, которая движется вдоль поверхности исследуемого объекта. Кончик иглы очень острый – его радиус закругления порядка десятков ангстрем (это несколько атомов). Он взаимодействует практически с отдельными атомами вещества, это считывается сенсорами, и компьютерными методами восстанавливается рельеф поверхности. По сути этот микроскоп не смотрит, а ощупывает поверхность

с феноменальной точностью!



Есть разные типы таких микроскопов. В некоторых считывается сила электрического тока, проходящего между иглой и образцом. В других измеряется сила притяжения или отталкивания иглы от атомов образца. Есть даже такие, в которых вместо иглы используется световод и маленькое отверстие. В них регистрируется отраженный свет и возможно преодоление дифракционного предела.

С помощью зондового микроскопа можно даже разглядеть форму электронных облаков, настолько он чувствительный. Более того, его можно использовать не совсем по прямому назначению и перемещать отдельные атомы. Достаточно приложить напряжение побольше, атомы будут «прилипать» к игле, и их можно будет переносить на другое место. Уже сейчас ученые могут писать слова и даже создавать мультики из отдельных атомов! Конечно, это технология работает на наномасштабах, но можно вообразить себе, что в будущем ученые смогут создать абсолютно любое чудище.

Как видите, не все подвластно нашему взору, и в микромире обычный свет, благодаря которому мы видим то, что нас окружает, никак не может нам помочь. К счастью, есть и другие методы, благодаря которым удается убедиться в существовании

атомов.

6.5.1. Как получить атомы размером с грейпфрут?

Мы давно уже привыкли, что атомы, из которых состоят все окружающие нас тела, очень маленькие. Диаметром они меньше одной миллионной миллиметра, и по отдельности видны только в электронные и зондовые микроскопы. Но ни одна теория не ограничивает размеры атомов. И действительно, можно создать атомы размером с вишню, яблоко или даже грейпфрут! Так как это сделать?

Давно известно, что электрон в атоме может находиться на определенных энергетических уровнях, которые обозначаются квантовым числом n. От этого числа зависит энергия электрона и, грубо говоря, радиус его орбиты, если считать, что он движется по окружности вокруг ядра.

В природе встречаются атомы с небольшими значениями n. И их размеры действительно невелики. Однако можно перекинуть электрон на уровень с $n=1000$, облучив его квантом света с тонко подобранной энергией и частотой. Здесь самое главное не переборщить, потому что при больших n уровни располагаются очень близко к самой крайней границе энергии, по достижении которой электрон вообще улетает из атома.

Так вот. Радиус орбиты зависит от квадрата n, поэтому его размеры увеличатся в 1 000 000 раз по сравнению с основным состоянием. Получается, что если атом был размером в одну десятимиллионную миллиметра, то в состоянии с $n=1000$ он будет размером в одну десятую миллиметра. Если его перевести в состояние с $n=10000$, то его диаметр будет 1 см, как у небольшой вишни. Если перевести его в состояние с $n=100000$, то это будет уже 100 см, в состоянии с $n=32000$ будет 10 см.

На данный момент созданы атомы с $n=1100$, но это только техническое ограничение.

Такие атомы называют ридберговскими атомами. Они обладают нереальным размером, и в них можно зафиксировать, как электрон вращается вокруг ядра. Однако такие атомы очень нестабильны. Так как электрон находится очень далеко от ядра, то любое столкновение с другим атомом, любой попавший на него фотон будут приводить к выбиванию электрона из атомов, и такое состояние будет потеряно. Так что, несмотря на то, что создать такие атомы можно, потрогать их не получится. Да и увидеть тоже, ведь для этого атом нужно

осветить, а при освещении любые фотоны будут не отражаться, а поглощаться.

Интересно то, что ученые нашли такие атомы в далеких космических туманностях. Там они могут летать длительное время без столкновений и существовать в таком состоянии достаточно долго.

Забавно, но в таком случае возможна ситуация – атом внутри атома.

Итак, теперь мы знаем, что такие микрообъекты, как атомы, при определенных условиях могут быть достаточно крупными. Так что их и микро-то не назовешь. А вот насколько сильно мы можем их уменьшить? Каков их минимальный размер?

Что касается полноценного атома, то для любого из них можно рассчитать минимальный радиус. Он будет достигаться, когда все электроны заняли самые низкие энергетические состояния. Например, для атома водорода в состоянии $n=1$ радиус $5{,}3 \times 10^{-11}$ метров. Согласно квантовым представлениям, чтобы перейти в состояние с еще меньшей энергией, ему необходимо излучить квант, порцию определенной энергии, однако она уже больше, чем у него имеется в наличии. Поэтому он остается на этой орбите надолго.

Но если рассматривать только отдельное ядро, то с уменьшением его размеров будут возникать проблемы. Это можно сделать по-разному. Например, мы будем сжимать протон с помощью других протонов, которые окружат наш бедненький экспериментальный и будут давить со всех сторон. Тогда, начиная с какого-то момента, протоны превратятся в нейтроны, хотя это не столь важно, и, приблизившись на слишком маленькое расстояние друг к другу, будут испытывать настолько колоссальные силы отталкивания, что дальнейшее сжатие будет практически невозможным. Будет очень сложно найти такую силу, которая сможет сжать такую материю. Но во вселенной такую силу можно найти – это сила гравитации при сжатии звезды в черную дыру. Когда звезда достаточно велика и сила гравитации может перевесить силу отталкивания нейтронов, происходит дальнейшее сжатие и гравитация становится еще больше. Возникает неконтролируемое сжатие вплоть до нулевых размеров. Точка, в которую все сожмется, называется сингулярностью, и радиус у нее – 0. Вокруг нее и возникает черная дыра.

Так что не увлекайтесь со сжатием атомов, а то получите не самый дружелюбный объект во вселенной.

Получается, при сжатии атомов мы обнаруживаем, что их минимальный размер – 0 м? Но это очень странно. И все физики

тоже так считают. Самым вразумительным объяснением этого факта является то, что гравитация на малых размерах ведет себя как-то по-другому, не как в наших законах и формулах. На микроскопических расстояниях хорошо работает квантовая теория поля, но объединить ее с ныне существующей теорией гравитации ну очень сложно. Как раз это пытается сделать теория струн и другие альтернативные теории.

Кстати, квантовая физика определяет вполне разумный минимальный размер чего-либо – это планковская длина. Она равняется $1{,}6 \cdot 10^{35}$ метра. Можно считать, что это квант пространства, что не существует объектов размером меньше этого и физические законы не применимы на более мелких масштабах. Но не забывайте, что эта величина – продукт современных физических теорий, которые далеко не совершенны. Так что возможно, минимальный размер совсем другой, если вообще существует.

6.6. Что такое бозон Хиггса?

Эта частица была предсказана более 50 лет назад, ее искали десятки лет в самых современных лабораториях планеты, были задействованы лучшие ученые всего земного шара. И, наконец, чуть больше трех лет назад они заявили: да, мы его нашли, он существует!

Но вот прошло три года, и что? Как-то ничего особо не изменилось, суперизобретений не появилось. Зарплаты ученых по-прежнему меньше, чем у футболистов… Зачем же вообще тогда нужен нам этот бозон?

Все дело в том, что существует свод законов, очень хорошо описывающих устройство нашего мира на микроуровне – его называют Стандартной моделью. Но для полной уверенности в этой модели оставалось последнее экспериментальное доказательство – нахождение бозона Хиггса. По сути – это последний кусочек пазла, вишенка на торте, недостающий носок из гардероба, последний мазок на картине. Открытие этой частицы развеяло все сомнения в правильности современной физики, а они были. Ученые очень довольны, они вздохнули с облегчением и с уверенностью принялись за дальнейшую работу. Без этого дальнейшее развитие науки наверняка шло бы намного медленней. Так что в глобальном смысле – это большое достижение. Без бозона Хиггса наука буксовала бы.

О бозоне

И сам бозон Хиггса – достаточно интересный персонаж. Он подтверждает существование поля Хиггса, благодаря которому у всех тел появляется масса. И правда, что такое масса тела и откуда она берется?

Чтобы понять важность бозона Хиггса, представим себе… ну, например, всю вселенную. Помимо звезд, планет, галактик в ней есть огромное количество различных полей – гравитационные, электромагнитные… Эти поля невидимы, неосязаемы. Но они пронизывают насквозь нас самих, все окружающие тела и могут влиять на них, на их движение (само собой, гравитация влияет на движение планет, звезд, электромагнитное поле влияет на движение зарядов). Можно сказать, что вселенная словно погружена в океан из всяких полей, мы, как рыбы, перемещаемся в них и давно уже к ним привыкли.

Но что, если существует поле, которого мы никак

не замечаем, потому что воздействие его довольно необычное? И оказывается, такое незаметное поле есть – это поле Хиггса.

Вот тут нужно пофантазировать. Это поле Хиггса словно камера на дороге, словно инстинкт самосохранения для частиц, гибэдэдэшник в кустах, ограничитель скорости. Оказывается, если бы этого поля не было, то все частицы во вселенной летали бы с огромными скоростями, а точнее, с самой максимальной скоростью – скоростью света. Но если оно есть…

Некоторые частицы, например фотоны, не замечают этого поля, они вообще пофигисты, лихачи. И гоняют всегда со скоростью света в свое удовольствие. Но вот, к примеру, электроны, протоны чувствуют это поле, взаимодействуют с ним. И из-за этого как бы тормозятся, становятся тяжелыми. Тут можно провести аналогию с пенопластовыми шариками. Если их высыпать на стол, то от малейшего дуновения они разлетаются в разные стороны как пушинки. Но на поверхности воды они будут двигаться медленно, словно вода сообщает им какую-то дополнительную массу. Так же и поле Хиггса действует на частицы – как бы утяжеляет их, не дает двигаться слишком быстро.

Ну а что такое масса? Это величина, показывающая, как легко или трудно разогнать тело. Вот и получается, что, если из-за поля Хиггса разгон частиц затруднен, значит, именно из-за него у них и появляется масса.

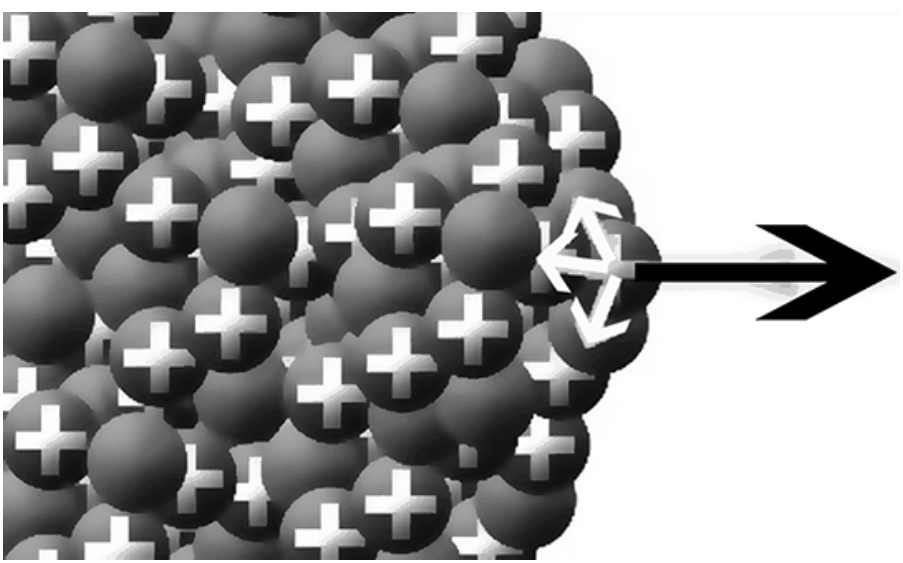
Пока мы не сказали ни одного слова про сам бозон. Но дело в том, что поле это неощутимо, и единственное доказательство его существования – обнаружение бозона. Если представить себе поле как натянутую атласную ткань в пространстве-времени, то, если пустить по ней волну, ее можно рассматривать как движущуюся частицу (это и есть корпускулярно-волновой дуализм). Иными словами, минимальное возмущение поля – это квант этого поля. У каждого поля он свой. У электромагнитного поля это фотон, у кварк-глюонного (есть и такое!) – глюон. Бозон Хиггса – это квант поля Хиггса, и его открытие на 100 % должно доказывать существование поля Хиггса.

Как видите, бозон Хиггса проливает свет на возникновение масс у частиц и в какой-то степени завершает картину мира. Но эта картина не учитывает темной материи, темной энергии, так что в физике вопросов еще очень много.

6.7. Есть ли ограничение на количество протонов и нейтронов в ядре?

Пока из всех открытых элементов самым большим ядром обладает унуноктий. В нем 118 протонов и 176 нейтронов. Теоретически может быть и больше, но ни в природе, ни в опытах обнаружены не были. Да и унуноктия было получено всего три ядра. Что же ограничивает рост ядер?

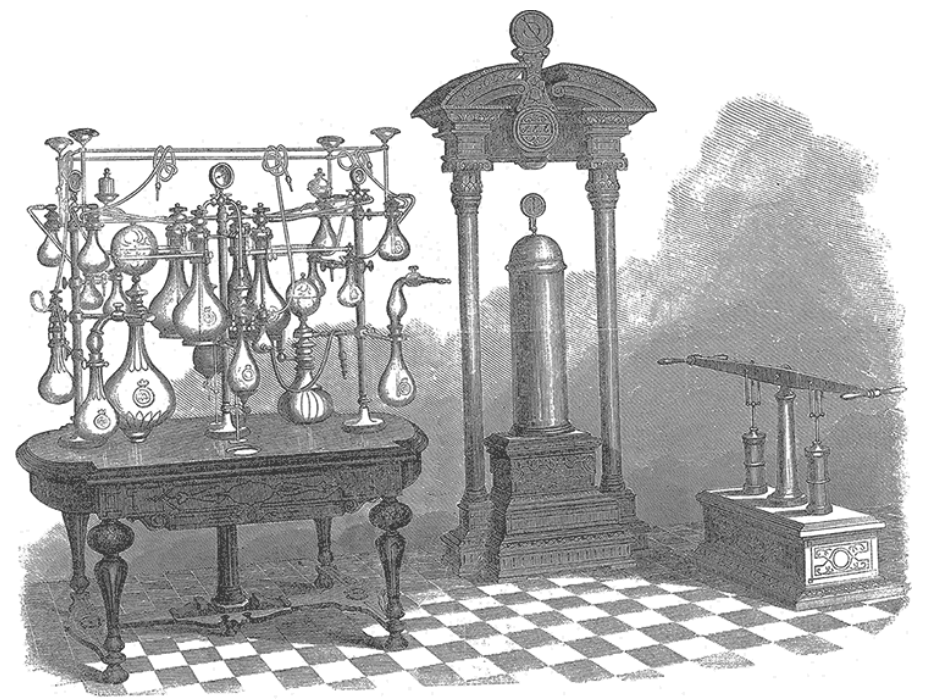
Обратите внимание, все протоны заряжены положительно, нейтроны нейтральны. Тогда как ядро не разлетается в разные стороны? Ведь плюс от плюса всегда отталкивается. Гравитационного притяжения недостаточно, чтобы протоны не разлетались. Оно в 1036 раз слабее. Оказывается, в ядре действуют особые силы притяжения совсем другой природы – так называемые сильные взаимодействия. Они действуют и на протоны, и на нейтроны примерно в 100 раз сильней отталкивания, но имеют ограниченный радиус действия и с какого-то расстояния обнуляются. А силы отталкивания действуют на любой дистанции. Получается, что протоны сильно притягиваются к своим ближайшим соседям в ядре, но слабо отталкиваются от всех сразу. Но когда количество протонов приближается к сотне, то силы отталкивания становятся уже сравнимы с силами притяжения, ядро становится нестабильным и разваливается. Именно по этой причине ядра не могут расти бесконечно.



Конечно, в теории можно создать ядро, в котором 130 протонов, где они располагаются хитрым образом, как-то по слоям. Но вот больше 130 протонов в ядре добиться невозможно даже в теории.

Что еще интересно: протоны и нейтроны в ядре движутся! И знаете, какая средняя скорость? 25 % от скорости света! Так что без знания СТО туда лучше вообще не соваться.

Правда, бывает такая ситуация, когда гравитация достаточно сильна для того, чтобы держать все протоны и нейтроны вместе. Это происходит в нейтронных звездах. Звезды огромные, масса у них колоссальная, поэтому и гравитация в них действует сильная. Когда крупная звезда угасает, то гравитация может сжать ее так, что электроны вдавливаются в протоны и получаются нейтроны. В результате сильного сжатия и образуется нейтронная звезда радиусом всего 10–20 км, которая, по сути, является одним огромным ядром из нейтронов.



6.8. Что такое гравитационные волны

11 февраля 2016 года произошло знаковое событие в научном мире: официально было объявлено об обнаружении гравитационных волн. Но если одних людей это привело в восторг, то другие остались в недоумении – а что же такое эти волны и почему так важно это открытие? На самом деле все не так уж сложно.

Что такое гравитационные волны?

Итак, согласно общей теории относительности Эйнштейна, гравитация – это следствие искривления пространства-времени телами, имеющими массу. Условно можно представить себе Вселенную как резиновую упругую поверхность, которую массивные тела деформируют своей тяжестью. Если на плоском пространстве-времени начать двигать предметы, то по поверхности побежит рябь, это и есть гравитационные волны – словно волны на воде. Правда, ощущаются они совсем иначе. Если волны на воде – это колебания молекул, то гравитационные волны – это сжатие и растяжение самого пространства-времени. Если по вам проходит плоская гравитационная волна, то, когда вы оказываетесь на ее гребне, вас растягивает по вертикали и сжимает по горизонтали, а когда оказываетесь на впадине – наоборот.

Стоит отметить, что мы не вклеены в пространство-время намертво: мы будем сопротивляться деформации за счет сил упругости, и нас будет корежить, плющить и растягивать. Но гравитация – очень слабая сила, она слабее электромагнитных сил в 1040 раз, так что вряд ли мы когда-либо почувствуем все эти эффекты.

Образуются гравитационные волны при движении любых массивных тел с переменным ускорением. И даже если вы махнете рукой, от нее побежит такая волна. Но она будет ничтожна, все равно что апперкот от муравья. Поэтому и засечь такие волны очень сложно. Единственное, что может обнаружить современная техника, это волны от сливающихся нейтронных звезд или черных дыр (ведь у них огромная масса). А раз они сливаются, вращаются, то и с ускорением все в порядке. Конечно, такие объекты находятся далеко в космосе, и волна, дойдя до нас, сильно ослабевает (в 1020 раз).

Но пока это самые сильные возмущения, доступные

для наблюдений.

Теория гравитации предсказала очень много явлений. Например, искривление световых лучей возле массивных объектов, замедление времени в относительно сильном гравитационном поле. В общем, все важнейшие предсказания, вытекающие прямо из формул, были подтверждены точнейшими экспериментами, кроме одного – существования гравитационных волн. Но наконец и их удалось обнаружить!

Как были обнаружены гравитационные волны?

Впервые ученым удалось пронаблюдать за этими возмущениями 14 сентября 2015 года. Это были гравитационные волны от слияния двух черных дыр на расстоянии 1,3 млрд световых лет в области в южном полушарии. Две черных дыры массами в 29 и 36 солнечных масс слились в одну. Ее масса равна 62 солнечным. Но если к 29 прибавить 36, то получится 65. Куда делись три солнечных массы? Они превратились в энергию, но не световую или какую-то другую, а в энергию гравитационных волн.

Пойманное излучение оказалось в области звуковых частот. Его, конечно же, перевели в звук, так что мы можем услышать, как сливаются черные дыры, или даже использовать этот звук как сигнал для входящих сообщений на телефоне.

Зафиксировали это явление с помощью интерферометра Майкельсона. Это вполне обыденный инструмент, студенты используют его в своих лабораторных работах. Но этот интерферометр невероятно огромен и точен. На его создание потребовалось 25 лет работы и 650 млн долларов.

Интерферометр Майкельсона представляет собой две перпендикулярных трубы с вакуумом длиной 4 километра. На концах этих труб подвешиваются зеркала. Луч лазера расщепляется на два пучка, которые направляются на зеркала по трубам, отражаются и, вновь соединяясь друг с другом, попадают на детектор. Длины подобраны так, что в «спокойном» состоянии лучи лазеров при воссоединении гасят друг друга. Но когда проходит гравитационная волна, одна труба сжимается, другая растягивается, лучи проходят другое расстояние, компенсация становится неполной, и это улавливает детектор. Причем речь идет о совсем ничтожных изменениях длины – в тысячи раз меньше атомного ядра! Это то же самое, как заметить, что Солнце сжалось на несколько сотых долей нанометра.

Гравитационные волны приходят со всех направлений, ведь гравитация ничем не экранируется, она спокойно проходит сквозь Землю. Сигнал поймали две лаборатории на расстоянии 3000 км друг от друга, и вероятность того, что это случайное событие, практически нулевая. Для того чтобы детекторы чисто случайно выдали подобный результат, пришлось бы ждать 200 тысяч лет. Так что дополнительных проверок не нужно.

Чем так важны для науки гравитационные волны?

Открытие гравитационных волн подтверждает общую теорию относительности, ведь сомнений на этот счет было немало. Существование гравитационных волн прямо вытекало из формул, но их очень долго не могли найти.

С их помощью можно более детально исследовать черные дыры. Гравитационные волны рождаются практически у поверхности черной дыры, вблизи горизонта событий. Раньше мы судили о черных дырах только по веществу, которое их окружает. А с помощью гравитационных волн мы словно заглянули под одежду черной дыре.

Да и в целом у астрономов появился еще один удивительный способ изучения Вселенной. Ведь основные инструменты – это оптические телескопы, радио, рентгеновские обсерватории, с помощью которых наблюдают электромагнитные волны. Сейчас к ним добавилось принципиально новое явление – гравитационные волны. Кто-то сказал об этом: «Если раньше у астрономов были только глаза, то теперь появились уши». Даже трудно вообразить, сколько новой информации о Вселенной мы узнаем благодаря этому открытию.

В ближайшие десятилетия чувствительность аппаратуры повысится в десятки раз. Мы сможем больше узнать о Вселенной и ее возникновении. Очевидно, мы на пороге больших открытий. Можно найти аналогию в истории науки: электромагнитные волны обнаружили только через 23 года после теоретического предсказания. А сейчас мы и не представляем нашу жизнь без них! И кто знает, как обернется история с волнами гравитационными…

6.9. Как именно убивает радиация?

Товарищи! Давайте вспомним школьные занятия по ОБЖ. Там было м-м-м… что-то про ядерные взрывы, про аварии, первая помощь… Эх, согласитесь, полезная информация, учитывая происшествия Чернобыля, Фукусимы… И пусть мы уже не помним деталей, одно мы усвоили ясно – радиация опасна, и порой даже смертельно!

Но вот интересно, а как именно действует и убивает радиация? Ну то есть, к примеру, пуля-дура и штык-молодец делают дырку в теле. Яд запускает химические реакции по угнетению внутренних органов. Вирусы, бактерии – вообще чужеродные организмы, причиняющие вред телу. Но вот радиация? Каков механизм ее воздействия на человека?

Для начала вспомним, что такое радиация. Вообразим, что мы уменьшимся до размеров в 10000 раз меньше атома! Мы увидим, откуда появляются основные виды радиации – из ядер атомов! Как мы знаем, ядра состоят из протонов и нейтронов. У некоторых элементов их сочетание может быть, мягко говоря, не совсем удачным, отчего ядро нестабильно. В нем есть лишняя энергия, от которой оно норовит избавиться.

И есть несколько способов:

1. Выкинуть небольшой кусочек (два протона, два нейтрона). Это альфа-частица. Ну как выплюнуть, скорость их – десятки тысяч километров в секунду!

2. В ядре нейтрон может превратиться в протон, и наоборот. В результате из ядра вылетает бета-частица – электрон или антиэлектрон (такой же электрон, только положительный). Скорость вылета бешеная, вплоть до скорости света.

3. Ядро может просто выплюнуть лишнюю энергию в виде электромагнитной волны, наподобие света, ультрафиолета или рентгена. Это гамма-частица. Движется она со скоростью света.

Это, пожалуй, самые аутентичные виды радиации. Ядра могут излучать нейтроны, протоны, разваливаться на куски. Также частицы могут прилетать из космоса, появляться в ускорителях и других приборах. Но, несмотря на различия в происхождении и структуре, действуют все эти излучения на организм одинаково! Самое главное, что это поток частиц с огромной скоростью и энергией.

Воздействие радиации на человека похоже на снежный ком. Все начинается с малого, но потом последствия изменений растут и растут, пока не приведут к необратимым последствиям. Так что

можно выделить несколько стадий.

1. Атомарный уровень. Итак, частицы радиации летят быстрее любых пуль! Настолько быстро, что выбивают электроны из атомов. Электрон отрицательно заряжен, соответственно при его потере атом становится положительным ионом. Вот и все! Вот все, что делает радиация! Из-за этого ее еще называют ионизирующим излучением.

2. Молекулярный уровень. Но потом свободный электрон и ионизированный атом практически сразу участвуют в сложной цепи реакций, в которых могут появляться очень химически активные молекулы, как так называемые «свободные радикалы». Ну вот, например, человек на 80 % состоит из воды. Под воздействием радиации молекула распадается на два радикала H и OH. Уже становится опаснее, ведь лишние непонятные молекулы в клетке – явно не к добру…

3. Клеточный уровень. Эти свободные радикалы активно вступают в реакцию с важными, биологическими молекулами: ДНК, белками, жирами, ферментами. Молекулы повреждаются, из них часто образуются токсины. В итоге нарушается функционирование клетки в целом, обмен веществ, и через какое-то время она погибает. Но даже если она сильная духом, богатырь, и держится до последнего, все равно обречена! Ведь ДНК нарушена, гены мутировали, и теряется возможность нормального деления клетки. И это, пожалуй, самое опасное в радиации.

4. Уровень организма. При большой дозе излучения пострадавших клеток может быть настолько много, что отказывают целые органы и системы в организме. Наиболее подвержены радиации ткани, где идет активное деление клеток: костный мозг, который вырабатывает кровь, слизистая желудка, которая разъедается кислотой и вынуждена регенерироваться, и так далее. Кстати, раковые клетки тоже активно делятся, один из способов лечения – облучение. Радиоактивный препарат помещают как можно ближе к раковой опухоли и облучают ее сильной дозой.

Так что, подводя итог, можно сказать – радиация действует на организм на самом малом масштабе структур человеческого тела. Это как будто вы штурмуете крепостную стену. Только обстреливаете ее не большими ядрами, а маленькими, маленькими пульками. Эти пульки приносят ничтожный урон, и повреждения легко залатать. Однако если пулек очень-очень много, то и повреждения будут заделываться абы как.

В итоге стена станет хрупкой и рано или поздно развалится.

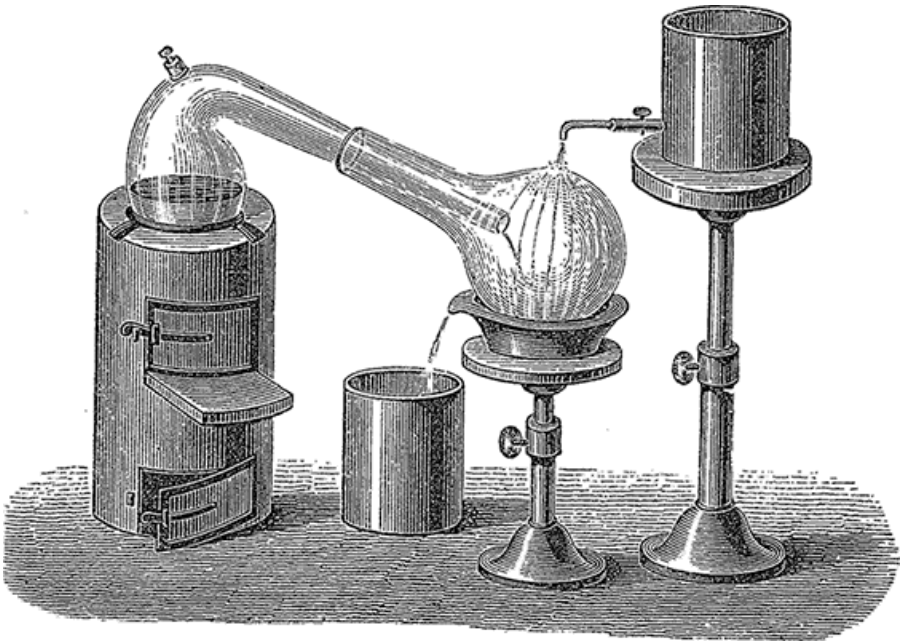
Но вот скрыться от радиации никогда не получится.

Она преследует нас повсюду, ведь атомы любого вещества имеют радиоактивные изотопы! Изотопы – это вещества, у которых одинаковое количество протонов, но разное количество нейтронов в ядре. Вот из-за дисбаланса по составу ядра могут быть нестабильными. Все вокруг нас чуть-чуть радиоактивно: ноутбуки, тетради, яблоки, бананы, да даже сами люди. В человеке, например, каждую секунду происходит около 8000 радиоактивных распадов!

Другое дело – интенсивность излучения. Само по себе излучение обычных предметов слабое и безвредное. В процессе эволюции мы успешно приспособились к такому фоновому излучению и опасности оно не представляет. Фоновая радиация вполне могла быть движителем эволюции. Возможно, именно благодаря этому гены мутировали таким образом, что получились мы с вами такие вот классные!

Так как же защититься от излишней дозы? У радиации нет ни запаха, ни вкуса, ни цвета. Единственное наше оружие – знание! Так что, как говорится, Praemonitus – praemunitus – предупрежден, значит вооружен.

7. Техника



7.1. Как обмануть сканер в аэропорту?

Думаю, все уже привыкли, что на страже порядка в аэропортах работают суперсовременные сканеры тела, которые могут увидеть все, что находится под вашей одеждой. Однако в 2012 году американец Джон Корбетт, автор блога «Выньте Администрацию Транспортной Безопасности из наших штанов», просто взорвал интернет своим видео. На нем он проносит в кармане через такой сканер металлическую коробочку, в которой легко могли поместиться наркотики, оружие или, например, контрабанда польской бижутерии!

Так что современные технологии еще можно обвести вокруг пальца. Но интересно, как это можно сделать? Сразу скажем, что эти наблюдения основываются только на принципе действия аппаратуры, никогда не проверялись на практике и имеют чисто умозрительный характер.

Итак, сканеры бывают для багажа и тела.

Давайте сначала обсудим первые.

Багажные сканеры

Такие приборы называют интроскопами. Они используют рентгеновское излучение, которое являются теми же электромагнитными волнами, что и свет, только в тысячи раз мельче, и от этого злее, агрессивней и энергичней. Некоторые материалы практически беспрепятственно пропускают это излучение, некоторые чуть задерживают. Так мы можем увидеть контуры объектов разной плотности.

Надо сразу сказать: не пытайтесь обмануть такой сканер, придавая незаконному грузу безобидные очертания. Дело в том, что ослабление излучения происходит при взаимодействии с электронами в атомах. А их количество варьируется в зависимости от элемента, поэтому интроскопы могут определить не только контуры и плотность материала, но и его приблизительный химический состав. Различные элементы подкрашиваются разными цветами, поэтому на изображении хорошо различимы органика, взрывчатка, наркотики, пластик, металл. Так что если вы провозите пластмассовый пистолет, то вас никто останавливать не будет. Но если вы попробуете замаскировать, например, пластид под шоколадку, это сразу заметят.

Слабое место интроскопов – геометрические особенности

сканирования. Оно происходит в одной плоскости при движении багажа по ленте. Так что предметы, параллельные этой плоскости, будет сложно распознать. Но в последних моделях сканирование производится в нескольких плоскостях, и этот фокус сейчас уже почти нигде не проходит. Так что, если уж вы решились на такое, распиливайте все на мелкие кусочки, в надежде на то, что оператор их не заметит.

Металлоискатели

Что касается суперсовременных сканеров тела человека, прежде чем до них добраться, вы должны пройти через рамку металлодетектора. И вот его обмануть не так-то просто. Или?..

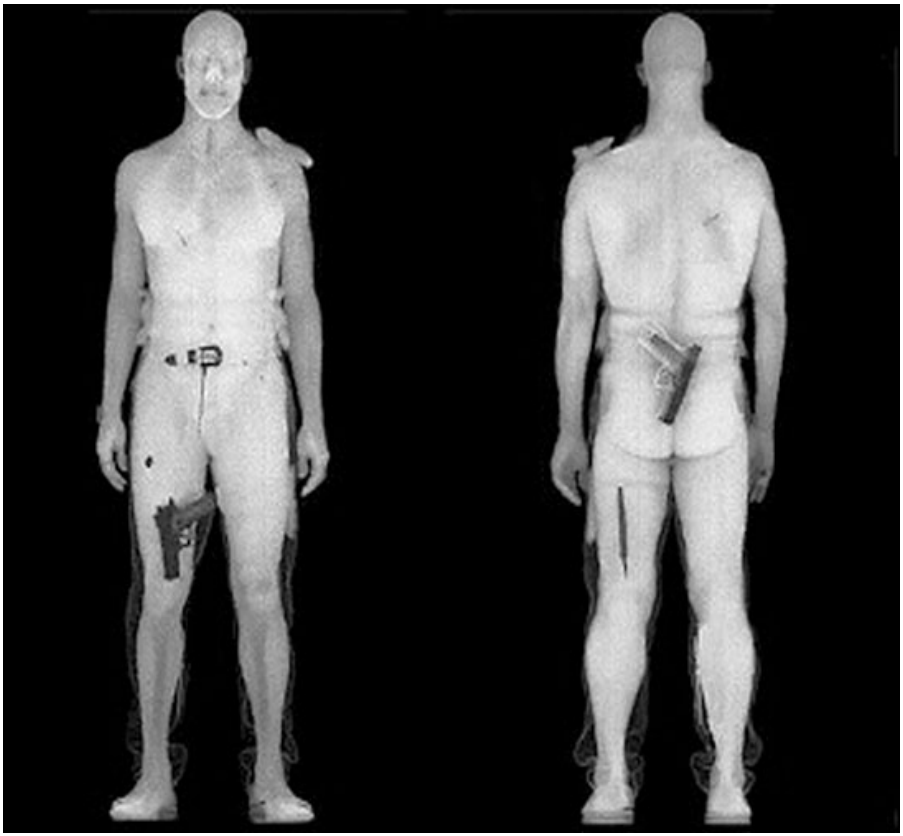
В таких рамках создается переменное магнитное поле, и из-за него абсолютно во всех металлах возникают слабые электрические токи. Поэтому предметы сами становятся источниками магнитного поля, которое и улавливает детектор. Магнитное поле нельзя ничем экранировать, оно проникает сквозь любые вещества, кроме сверхпроводников. Они обладают нулевым сопротивлением, и в них поле не проникает, так что металл, закутанный в сверхпроводник, будет невидим для металлодетектора. Единственная проблема – такое состояние достигается при очень низких температурах, не выше –140 °C. Так что, если хотите обмануть металлодетектор, будьте добры, захватите с собой баллон жидкого азота для охлаждения.

Сканеры на обратном рассеянии

Ну и наконец, о сканерах для человека. Их существует два типа. Первый – основанный на обратном отражении рентгеновского излучения.

Да-да, именно так. Все-таки дозу радиации в аэропорту вы можете схлопотать. Однако не переживайте, мощность этого рентгена очень-очень слабенькая. В дальнейшем полете на высоте 10 000 метров вы получите дозу в сотни раз большую.

Основаны эти сканеры на том, что рентгеновское излучение может не только пронизывать тела насквозь, но и отражаться. Этот эффект называют комптоновским рассеянием, и происходит он на свободных электронах. Но разве в нашем теле они свободные?



Дело в том, что в легких атомах нашей кожи электроны слабо притягиваются к ядру, поэтому их отчасти можно назвать свободными, от них отражаются рентгеновские лучи. А вот от металлов отражение слабое, так как ядра сильней притягивают электроны. Если зарегистрировать отраженное излучение, то кожа будет выглядеть светлой, а металл и остальное пространство будет черным, ведь оттуда не приходит отраженное излучение. Поэтому все металлические предметы, расположенные в боковых карманах, будут сливаться с фоном и их невозможно обнаружить. Так что, если вас не попросят повернуться боком к сканеру, у вас есть все шансы пронести что-нибудь металлическое незамеченным. Именно это и сделал Джон Корбетт.

Микроволновые сканеры

Второй тип сканеров – микроволновые. Они представляют собой две рамки, которые вращаются вокруг вас. В них расположены излучатели миллиметровых волн, наподобие

радиоволн мобильных телефонов, wi-fi. Частота этих волн подобрана так, что они беспрепятственно проходят через одежду, но отражаются от поверхности кожи и металлических предметов.

Сканер формирует трехмерное изображение поверхности тела человека. Однако нужно понимать, что оно одноцветное. Такой сканер не видит особых отличий между металлом, неметаллом, кожей и прочей органикой. Так что замаскировать какой-то запрещенный объект, пожалуй, не составляет труда. Лишь бы маскировка была по форме человеческого тела и хорошо отражала миллиметровые волны.

Этические соображения

После введения таких сканеров многие, мягко говоря, удивились. Действительно, это прямо находка для извращенцев, потому что человек действительно виден голым на изображениях. Так что в современных моделях сканеров настоящее изображение обрабатывается программно, а оператор видит только лишь рисунок человечка. Если программа обнаруживает угрозу, она подсвечивает ее в соответствующем месте на картинке.

В заключение скажем, что, хотя некоторые типы сканеров можно обмануть, безопасность в аэропорту обеспечивается целым комплексом мер – видеокамеры, кинологи, психологи, которые наблюдают за поведением пассажиров. Так что обманывать придется не только сканер.

7.2. Следят ли за нами по GPS?

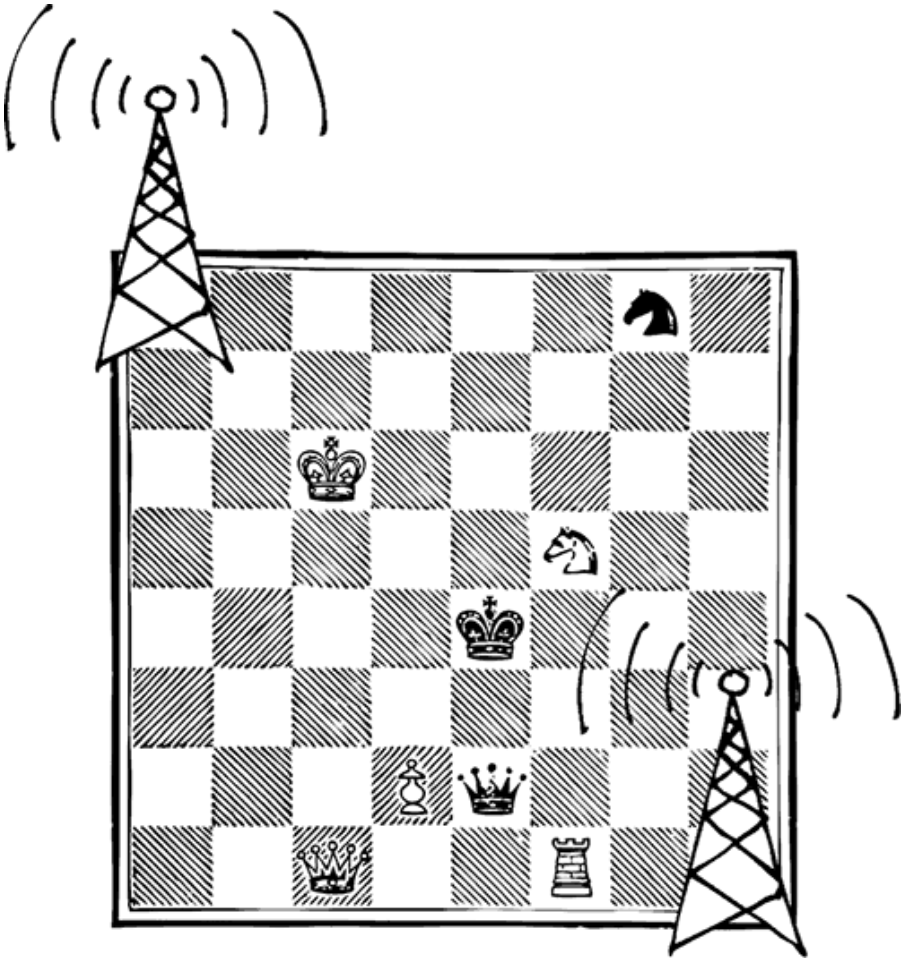
Во всех фильмах про шпионов у спецслужб есть суперспособность – они могут буквально за секунды найти любого человека на планете, где бы он ни находился. В самых крутых фильмах этого человека в режиме реального времени можно увидеть со спутника.

Конечно, это все фильмы, байки… Ну а вдруг нет? Следят ли за нами спецслужбы, и если да, то как это делают?

Устройство GPS

Сразу скажем: использовать для этого только навигационные системы не получится. Дело в том, что спутники не принимают никаких сигналов. Они словно меланхоличные маяки вращаются в пустыне космоса вокруг Земли и безропотно отправляют на Землю сигналы, а навигатор так же послушно их принимает. Навигатор не отправляет ничего в космос, поэтому найти так человека просто невозможно.

Но как тогда работает эта система? В ее основе лежит бесхитростный принцип. Представьте себе, что вы находитесь на огромной шахматной доске с завязанными глазами. Вам нужно определить ваши координаты. Вы знаете, что в двух углах доски стоят звуковые генераторы, которые издают сигнал каждую секунду, а на руках у вас часы, которые вибрируют тоже каждую секунду. Вибрации часов и звук генераторов синхронизированы. Но вы же знаете, что звук движется с определенной скоростью и приходит к вам с отставанием. Так что по задержке сигнала вы сможете определить сначала расстояние до одного источника. Тогда ваше местоположение будет точно на окружности определенного радиуса от источника. Потом вычислите расстояние до другого источника, и на пересечении окружностей и будет ваше место.



Таким же образом работает любая навигационная система. Только это происходит в трехмерном пространстве, вместо звуковых используются радиоволны, и передатчики для синхронизации используют атомные часы. В остальном все очень похоже. Это по-прежнему определение расстояний до спутников и нахождение себя на пересечении теперь уже сфер, а не окружностей.

Как видите, проследить за кем-то по GPS просто невозможно. Другое дело сотовые сети. Как раз они настроены на взаимную передачу информации, поэтому с легкостью пересылают координаты абонента куда следует и не следует.

Геостационарная орбита

Хорошо, скажете вы. Если я не буду пользоваться мобильным

телефоном, могу ли я надеяться на то, что меня невозможно будет засечь из космоса? В принципе да, но… не хочется врать, но опасения по этому поводу уже есть. То есть сюжеты из фильмов, когда перемещения преступника отслеживают со спутника в режиме реального времени – не такие уж и сказки.

Сейчас уже практически вся поверхность Земли сфотографирована спутниками вдоль и поперек, и места свободного не осталось. Но нужно понимать, что все это спутники на низкой околоземной орбите, ведь нам же нужно достаточно хорошее пространственное разрешение. Но вот период вращения спутника зависит от высоты, и как бы мы ни старались, низко над Землей мы спутник не повесим. Например, на высоте 500 км период обращения около двух часов. То есть спутник не сможет следить в режиме реального времени, он скорее скроется за горизонтом.

Чтобы спутник висел над поверхностью, единственно возможный вариант – поместить его на геостационарную орбиту. Она находится на высоте 36000 км над Землей (это в три раза больше диаметра Земли, на секундочку) и в плоскости экватора. Там период обращения – ровно сутки, так что спутники движутся синхронно с Землей, поэтому получается, что они словно зависают над поверхностью.

На данный момент геостационарная орбита – пожалуй, самая востребованная, она просто утыкана тьмой спутников связи, вещания, коммуникаций и т. д. Например, все спутниковые тарелки телевидения направлены именно на геостационарные спутники, а так как они находятся в плоскости экватора, то получается, в России все тарелки смотрят практически на юг. Так что, если вы заблудились в городе и вам нужно сориентироваться по сторонам света, не ищите мох на деревьях, просто посмотрите на тарелки!

Уже есть проекты запустить на такую орбиту спутники, представляющие из себя огромные телескопы, с диаметром зеркала больше, чем у Хаббла. Это позволит получать изображение с разрешением 3 метра в режиме онлайн. Конечно, отдельных людей пока видно не будет, но автомобили и прочие виды транспорта уже никак не смогут скрыться от такой слежки.

Но и тут Россия выделилась. Это одна из самых северных стран, поэтому из плоскости экватора у нас все будет видно под углом и система будет работать не в полной мере. Так что, скорее всего, будут развиваться уже существующие методы: камеры наблюдения на улицах, GPS-трекинг, слежение по мобильнику и так далее.

Будет ли так? Будет ли большой брат всюду следить за нами?

Или уже следит? Сложно сказать. Единственная защита от этого – знания. Быть в курсе развития современных технологий и геополитической ситуации – хорошее средство не застать вас врасплох.

7.3. Как устроено 3D в кинотеатре?

Современные фильмы невозможно представить без эффекта 3D. Как же работает эта технология, насколько она сложна? Для начала стоит разобраться, как человек видит трехмерную картинку. В этом нам поможет подушка.

Объемное изображение

Когда вы ложитесь спать, посмотрите левым глазом на край подушки, потом правым. Вы заметите, что она скачет! Связано это с тем, что глаза у нас находятся на небольшом расстоянии, поэтому взаимное расположение близких и дальних объектов для левого и правого глаза отличается. Получается, каждый глаз видит разную картинку, по этой разнице мозг определяет расстояние до объектов и создает объем.

3D-фильмы снимают двумя камерами. Затем проецируют сразу два изображения на экран. Одно для левого глаза, другое для правого. Сложность только в том, как же их разделить, ведь без очков вы реально будете видеть двоящуюся картинку. Сейчас практически везде для этого используют так называемые поляризаторы.

Поляризаторы

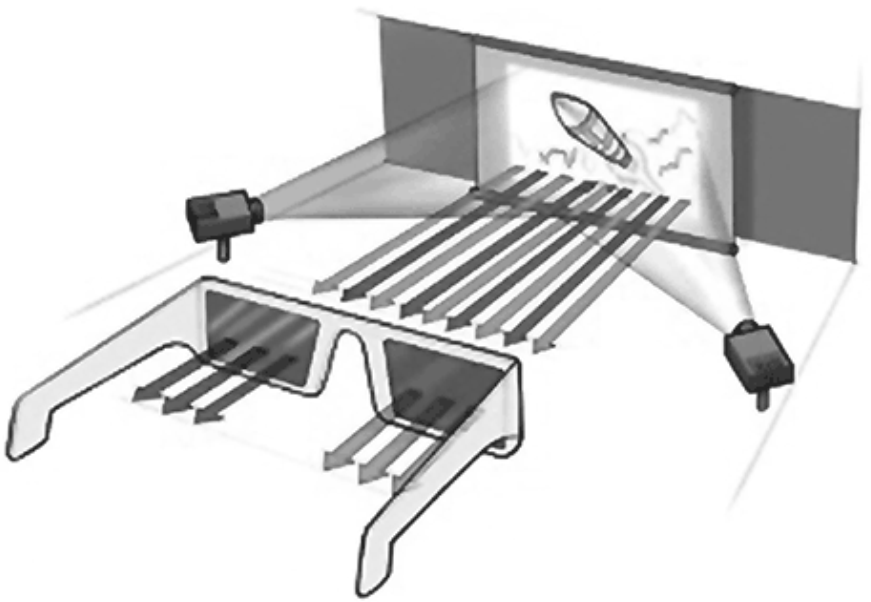
Дело в том, что они очень необычно взаимодействуют со светом. Ведь свет – это электромагнитная волна, а раз это волна, в ней происходят колебания. И они могут происходить по вертикали, или горизонтали, или вообще как-то под наклоном, в любой плоскости. Грубо говоря, световой луч – это не как тонкая макаронина, а как плоская лапша, плоскость которой может быть повернута как угодно.

Свет, испускаемый Солнцем, лампой, пламенем, состоит из лучей, плоскость колебаний которых направлена как угодно. Но поляризатор пропускает только, например, лучи с вертикальной плоскостью колебаний. Это словно фильтр, образная решетка, через которую проходит только половина света. После него свет поляризован вертикально. Самое интересное начинается, если мы возьмем второй поляризатор. Если он тоже пропускает волны с вертикальными колебаниями, то ничего особенного, поляризованный свет будет спокойно

проходить через него. Но стоит его повернуть на 90 градусов, и он задержит весь свет, ведь теперь он пропускает горизонтальные волны, которых не осталось после первого поляризатора.

Схема в кино

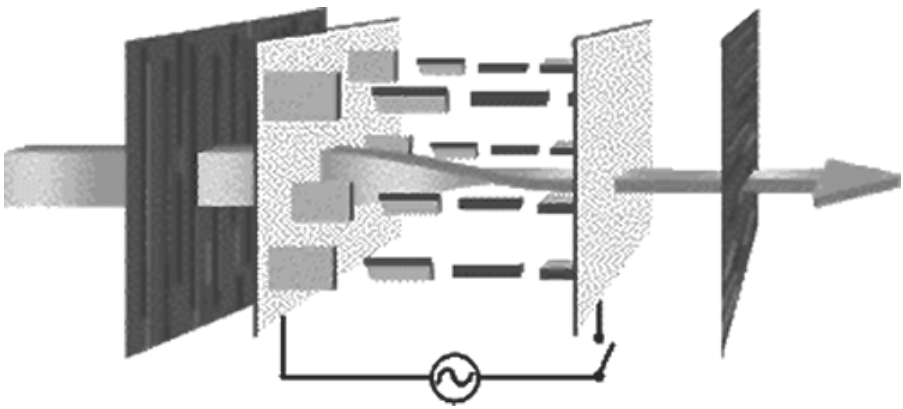
Это и используется в кинотеатре. Картинка для левого глаза, например, поляризована вертикально, для правого – горизонтально. Делается это просто: перед объективами устанавливаются соответствующие поляризаторы. И стекла в очках сделаны из поляризаторов, поэтому пропускают только лучи своей картинки и задерживают лучи не своей. Поэтому каждый глаз и видит разное изображение, а не их смесь (любую из двух картинок можно взять). И если эти картинки сняты двумя камерами, получается иллюзия объема. Сейчас есть и более сложные схемы, с круговой поляризацией, но по сути принцип тот же.



Мониторы

Поляризаторы – это удивительная вещь. ЖК-мониторы, дисплеи часов, калькуляторов, тамагочи без них никак не обходятся. Ведь экран устроен как сэндвич: два поляризатора, между которыми находятся пиксели с жидкими кристаллами.

Допустим, оба поляризатора пропускают свет одной плоскости поляризации. Есть моменты, когда кристаллы беспрепятственно пропускают свет, поэтому он проходит через оба поляризатора и пиксель прозрачный. А есть моменты, когда жидкие кристаллы поворачивают плоскость поляризации на 90 градусов, поэтому, пройдя через один поляризатор, через другой он уже не проходит, пиксель темный. Регулировать степень поворота и, соответственно, прозрачность пикселя можно напряжением на нем. Остается сделать сзади подсветку, тогда у нас и появится диапазон яркостей от светлого до темного.



Внутренние напряжения

Свет поворачивают не только жидкие кристаллы, но и другие вещества – пластик, стекло, полиэтилен. Достаточно скрестить два поляризатора так, чтобы свет не проходил через них, а потом между ними поместить этот предмет. Тогда свет поворачивается и проходит сквозь этот сэндвич. Дело в том, что когда этот предмет изготавливают, отливают из расплавленной вязкой массы, она застывает так, что внутри нее остаются какие-то напряжения, застывшие деформации. И именно от степени этих напряжений зависит, насколько сильно повернется свет. То есть по сути мы видим внутреннюю структуру вещества, которую невозможно увидеть невооруженным взглядом. Цвета радуги появляются из-за того, что степень поворота зависит еще и от частоты света.

Отраженный свет всегда поляризован!

И есть еще одно интересное незамысловатое применение

поляризаторов. Это просто солнцезащитные очки. Оказывается, отраженный свет всегда поляризован. Степень поляризации зависит от угла падения, но это не принципиально. Так вот, поляризационные солнцезащитные очки, помимо того, что затемняют всю картинку, еще и отфильтровывают блики, которые сильно поляризованы. Обратите внимание на поверхность воды, лобовые стекла машин, асфальт. Они становятся относительно темнее через поляризатор. Этим пользуются и фотографы. У многих из них есть в арсенале такой прием: ведь, убрав блики, можно добиться определенной чистоты картинки или нового эффекта.

7.4. Почему звук электрогитары отличается от обычной?

Звук скрипки похож на звук виолончели, звук трубы похож на звук тромбона. Инструменты одной категории звучат одинаково, но вот гитара и электрогитара – кардинально разные вещи. И там, и там – струны, гриф, дека. Но звук разный.

Все знают, насколько мощной и злой может быть электрогитара, чего нельзя сказать об обычной гитаре, звук которой мягок и мелодичен. Откуда возникает такая большая разница? Ведь и то, и то – гитара!

Тот резкий звук, который мы ассоциируем с электрогитарой, – это только эффект, который можно применить и к виолончели, и к фортепиано и так далее. Это – эффект дисторшн (англ. distortion – искажение). Но исторически он возник именно на гитаре, и настоящие ценители любят только тот, который нашли гитаристы в середине прошлого века. Давайте поговорим именно об этом звуке.

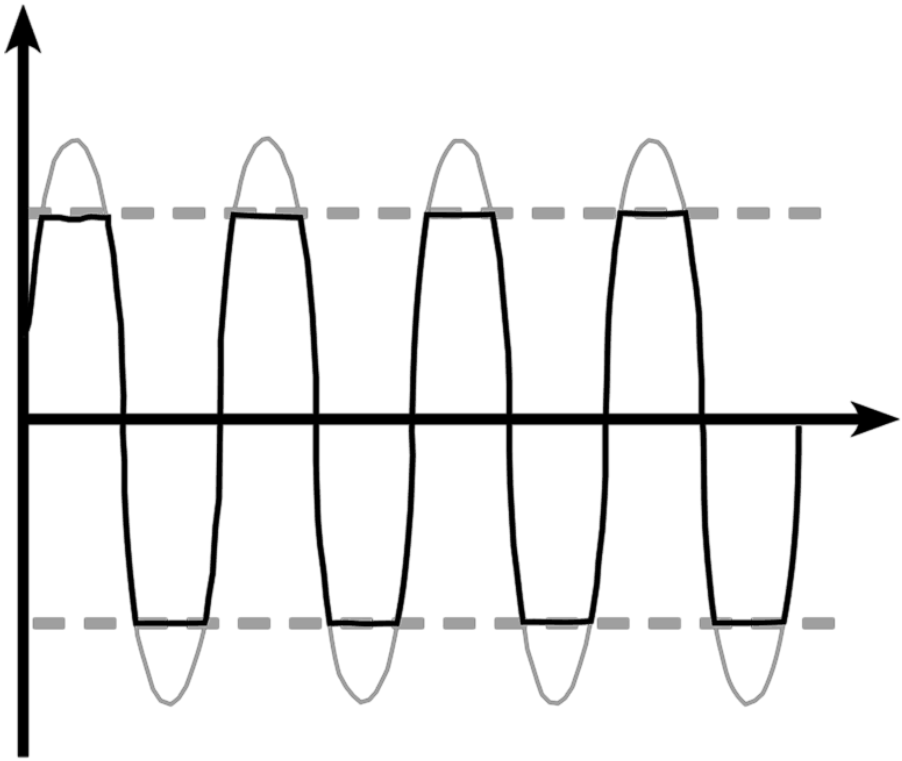
Классическую акустическую гитару люди слушают уже давно. До нее были всякие похожие на нее инструменты, но принцип у них одинаковый. Звук обычной гитары образуется благодаря гармоническим колебаниям струны и усиливается декой благодаря резонансу. В итоге получаются плавные звуковые волны, которые и есть звук гитары.

Сотни лет людей устраивала громкость инструментов, но с развитием музыкальной индустрии все больше и больше людей хотели послушать известных музыкантов. Гитару стали подключать к электроусилителю, чтобы она звучала громче. И вот тут понеслось!

Усилок берет сигнал, а именно переменный ток, с гитары и увеличивает амплитуду этого тока. И если играть не очень громко, то усиление без искажений и звук нормальный. Кстати, отчасти из-за этого в электрогитарах отказались от большого резонатора, потому что усиление происходит в усилке, а не в деке.

Но вот если играть очень громко, то усилок не справляется, так как в любой схеме есть ограничение по амплитуде. В реальности у него есть какой-то предел, дальше которого он не может ее увеличивать. Гладкие синусоиды срезаются, и в результате получается совсем другой, резкий звук. На усилителях тех времен это звучало достаточно мелодично, и этим начали пользоваться многие музыканты – перегружать

усилитель.



В этом основная разница, но можно рассмотреть этот эффект еще более детально. Есть такая штука – преобразование Фурье. Если такое преобразование провести с синусоидой, то получится функция-точка, показывающая частоту этой синусоиды. Если произвести преобразование Фурье для сложного колебания, которое является смесью «простых» гармонических колебаний, у нас получится несколько точек, показывающих, какие отдельные частоты содержатся в этом сигнале. И если мы преобразуем перегруженный звук гитары, то окажется, что в нем, помимо основной частоты, появляется много дополнительных частот! Их называют гармониками, и они окрашивают звук электрогитары и еще больше отдаляют ее от акустической.

То есть в резкий звук электрогитары больший вклад вносит усилок, нежели сама гитара.

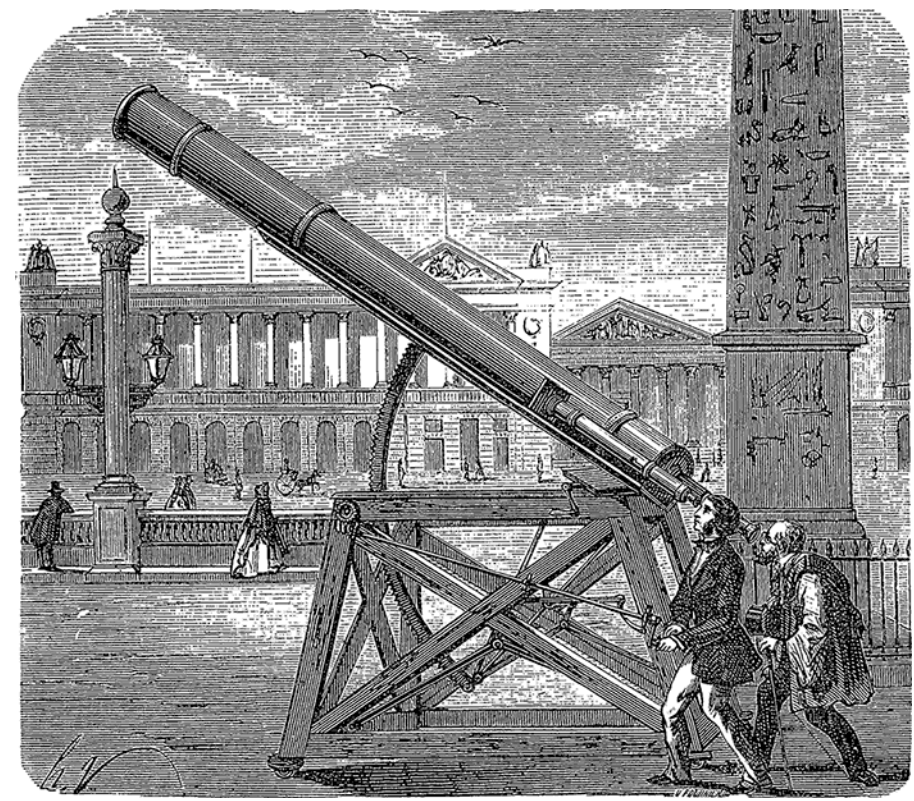
И еще один факт. Электрогитара обязана своим звучанием магнитам! Если б не они, возможно, мы бы сейчас не слушали Queen и AC/DC и Metallica. В самых популярных звукоснимателях с помощью магнитов колебания струны преобразуются в электросигнал.

Под каждой струной есть постоянный магнит. Он создает

магнитное поле, в котором колеблется струна. В ней возникает переменный электрический ток, который создает вокруг себя еще одно магнитное поле, только уже переменное. Оно, в свою очередь, создает в катушке, намотанной вокруг магнита, электрический ток, который колеблется в такт струне. Вот такая длинная цепочка, но благодаря ей возможно бесконтактным способом превратить колебания струны в ток.

Так что для электрогитары подходят только металлические струны.

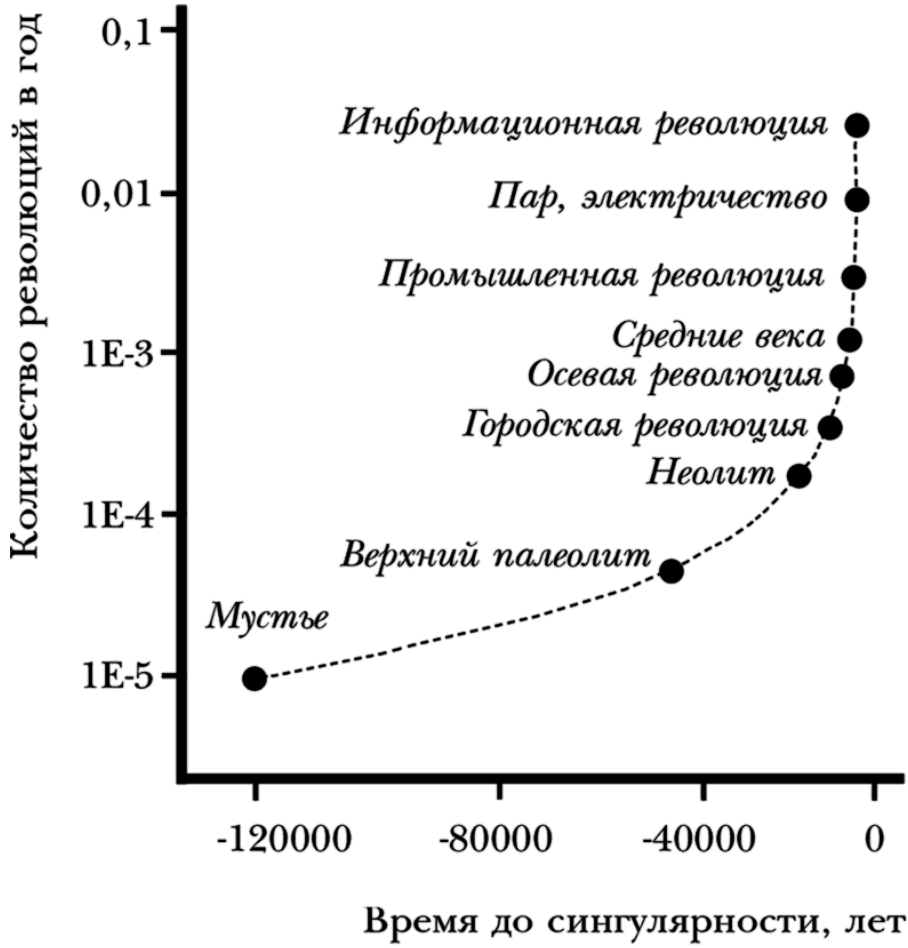
На самом деле музыкальные инструменты всегда были и являются объектом исследований. Сейчас с невероятной скрупулезностью изучены спектры многих инструментов, построены их математические модели, которые с успехом используют в синтезаторах. В наше время придумано море синтетических звуков, музыку можно писать на любом компьютере. Однако настоящий звук перегруженной гитары по-прежнему извлекают по старинке – на старых гитарах и усилителях. Настолько он особенный.



7.5. Что почувствует искусственный интеллект при первом поцелуе?

Искусственный интеллект… Каким же он будет? Хладнокровным и равнодушным или сочувствующим и переживающим? Да он уже давно существует: дроны (беспилотные летающие аппараты), поисковики Гугла и Яндекса, автопилот Тесла… Даже стиральные машинки и автоматические пылесосы обладают искусственным интеллектом, ведь они умеют обучаться на основе приобретенного опыта, умеют адаптироваться к новым условиям и грамотно распределять свои ресурсы. Они на основе своих знаний, умений и внешних факторов могут достигать поставленных целей. Правда, в наше время не слишком мощный искусственный интеллект очень узкоспециализирован. Его задача – либо хорошо постирать белье, либо не врезаться в дерево, либо понять, что человек ищет в интернете. Мозг этих устройств заточен под вполне конкретные задачи, поэтому вряд ли два пылесоса влюбятся друг в друга и начнут целоваться.

Но все же современная техника развивается семимильными шагами, и многие ученые считают: однажды наступит момент, когда технический прогресс будет настолько быстрым и сложным, что окажется недоступным для понимания. Это гипотетическое явление называют технологической сингулярностью.



Обычно ее связывают с созданием настолько мощного искусственного интеллекта, что в процессе своего развития и самообучения он будет совершенствоваться быстрее, чем если бы это контролировал человек. Эксперты считают, что это произойдет примерно в 2040 году, однако некоторые сдвигают эту дату в ближайшее будущее, вплоть до 2016 года. Представляете?

Пока созданием искусственного интеллекта занимаются люди, он наверняка будет похож на человеческий. Так как же человеческий интеллект относится к поцелуям? Стоит отметить, что и он бывает разным. Ведь интеллектом обладают и шахматный гроссмейстер, и дядя Коля из соседнего подъезда. Но в любом случае человеческий интеллект может выполнять очень сложные задачи: это и поиск наилучшего партнера, и защита своей семьи, и достижение собственной безопасности и комфорта – как в настоящем, так и в будущем. Это сложилось

исторически, и эволюционно уже выработаны механизмы, которые позволяют справиться с безумным количеством дел. Скорее всего, к этим механизмам относятся и поцелуи.

Согласно современным исследованиям, у поцелуев довольно прагматичная функция – оценка партнера. Это некий вкусовой тест, оценка здоровья и совместимости. И только уже потом возбуждение и получение удовольствия. При поцелуе выделяется огромное количество гормонов, которые положительным образом сказываются на самочувствии и производительности человека. Так что интеллект явно будет считать поцелуи полезным занятием.

Если создавать искусственный интеллект по образу и подобию человеческого, то как будут устроены его эмоции, как они будут влиять на него? Каким образом искусственный интеллект сможет чувствовать что-либо? Радость, страх, восторг, грусть? Будет ли он наслаждаться музыкой, грустить при разлуке и испытывать эйфорию при первом поцелуе?

Пока что мы не знаем точно, как работают эмоции. Но есть модели, которые приблизительно описывают, что происходит в мозгу при той или иной эмоции. И пользуясь одной из этих моделей, можно построить эмоциональный искусственный интеллект. Согласно теории Хьюго Левхейма, существует восемь базовых чувств (аффектов): радость, страх, горе, отвращение и т. д. Комбинируя эти базовые чувства, мы можем получить любые доступные нам более сложные чувства и эмоции.

При этом каждая базовая эмоция определяется соотношением концентрации определенных веществ, трех нейромедиаторов, а именно: дофамина, норадреналина и серотонина.

Дофамин влияет на мотивацию, сохранение информации. Норадреналин отвечает за перераспределение ресурсов и фокусировку внимания на конкретной задаче. Серотонин влияет на уверенность и удовлетворенность принятым решением. Вот такие категории уже могут быть реализованы в вычислительных машинах, и по сути их комбинация может быть аналогом чувств у искусственного интеллекта. При поцелуе вырабатывается огромное количество этих веществ. И если искусственный интеллект устроен именно так, то при первом поцелуе он наверняка сильно удивится, насколько просто можно улучшить свое самочувствие и работоспособность.

У человека, в отличие от роботов, есть ограниченный ресурс. Мы устроены так, что накачать себя огромным количеством гормонов и бесконечно наслаждаться без каких-либо последствий практически невозможно. Другое дело – машина: она уж точно будет знать, как влияет на нее гормональная встряска, и сможет

это контролировать. (Ну и наверняка будет прибегать к этому постоянно.) Так что, если в будущем вы увидите целующихся терминаторов – знайте, они делают это неспроста. Конечно же, это все теории. Ведь искусственного интеллекта, который сравнится с человеческим, еще очень долго ждать. Но народная мудрость гласит: чем больше вы целуетесь, тем меньше глупостей говорите. Так что в будущем нас наверняка будут окружать мудрые и молчаливые существа с искусственным интеллектом.

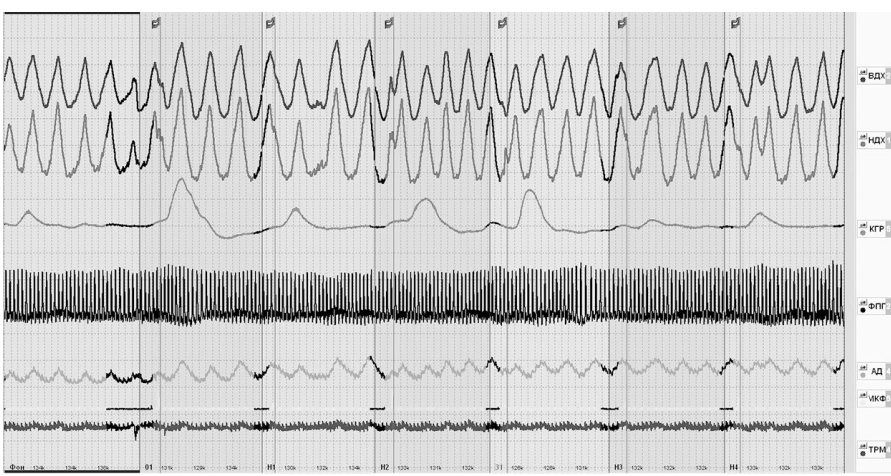
7.6. Как обмануть детектор лжи

Когда был изобретен самый первый детектор лжи? Да еще до нашей эры, более 2000 лет назад! В древнем Китае человеку насыпали горсть риса в рот и выносили обвинение. Если он был причастен к преступлению, то во рту все пересыхало и рис оставался сухим. В древней Индии подозреваемый при ответе на вопрос тихонько бил в гонг. Считалось, что если он начинает бить громче, то врет.

Как видите, даже в древности понимали: у врущего человека некоторые процессы в организме идут по-другому и это невозможно контролировать. Страшно представить, какие в наши дни существуют способы выявления обмана: различные сыворотки правды, шарлатанские электропсихометры, интуиция профессиональных следователей… и конечно, детектор лжи. Но не все так просто, и оказывается, самую современную технику тоже можно обмануть!

Полиграф. Физические принципы

Итак, современный детектор лжи называют полиграфом. Он записывает сразу несколько показателей человеческого тела, которые трудно контролировать сознательно. А именно: дыхание человека, сердечно-сосудистую деятельность и электропроводность кожи. Это минимальный набор.



Если человек говорит правду, то все показатели в норме. Но если он врет и информация, извлеченная из памяти,

не совпадает с ответом, то организм воспринимает это как некую опасность. Каждый раз, когда данные с различных рецепторов разнятся, запускаются защитные реакции, на всякий случай. Меняется пульс, учащается дыхание, усиливается потоотделение. Наше собственное тело выдает нас. Все эти реакции записывает полиграф, и по ним специалист определяет, лжет человек или нет.

Особенности данных

Полиграф отслеживает массу показателей, порой даже неожиданных. Например, известно: когда мы лжем, пульс учащается. Однако по ходу тестирования он может приходить в норму и даже падать ниже среднего. Намного важнее стабильность пульса. Действительно, если пульс – 60 ударов в минуту, это не означает, что они следуют каждую секунду. Между ними может быть разное время, но вот когда человек эмоционально напряжен, стабильность пульса усиливается, он становится более ровным. Вот по этому параметру можно определить вранье точнее.

Что касается дыхания, полиграф замеряет амплитуду, продолжительность вдоха-выдоха, их соотношение, угол наклона кривых, задержку вдоха-выдоха, огибающую. Так что, если вы принудительно стараетесь удержать дыхание в норме, это будет неестественно и сразу заметно.

Как видите, полиграф замеряет огромное количество показателей, и один из самых важных – электропроводность кожи. И правда, по коже человека может проходить слабенький электрический ток. Точная природа этого явления не изучена, скорее всего, она связана с потоотделением, когда на коже появляется больше влаги. Человек врет, потеет, проводимость усиливается, это регистрирует полиграф. Так что на детекторе лжи по вам пускают ток. Не такой сильный, что вы сразу говорите правду, но все же.

Как обмануть полиграф?

Так все же, как обмануть полиграф? Можно попробовать обмануть датчик кожно-гальванической реакции, который надевается на пальцы рук. Для этого необходимо заблокировать деятельность потовых желез – обработать руки дезодорантом, мазью от потливости или просто спиртом. Самое главное, чтобы

средства были без цвета и запаха.

Но все же лучше обманывать прибор в целом, ведь все процессы контролируются мозгом, значит, на него и нужно действовать.

Проще всего обмануть его, если вы психопат. Если у вас нет адекватного восприятия социальных норм и морали, то и сильной реакции на вопросы не будет. Так же легко обманывать полиграф патологическим врунам и профессиональным актерам. Они могут настолько сильно поверить в другую реальность, где они невиновны, что полиграф не выведет их на чистую воду.

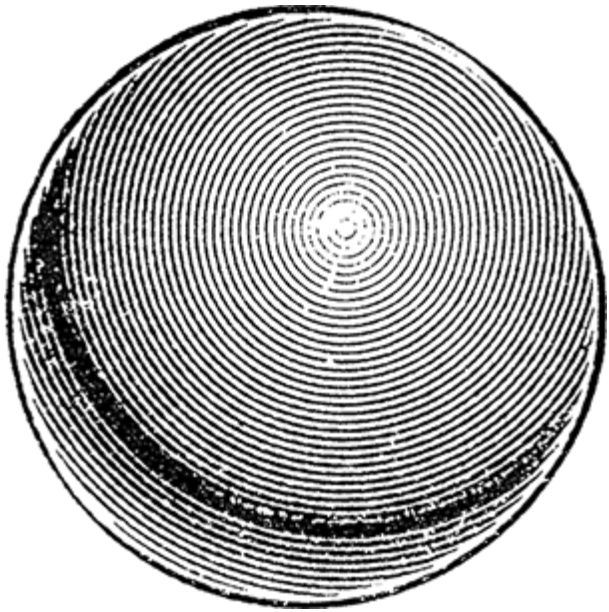
Простой способ для обычных смертных – иголка в ботинок. Можно немного двигать ногой, укалывать себя и вызывать реакцию, сбивая с толку полиграф. Можно прикусывать язык, но в любом случае такие механические способы видны даже малоопытному специалисту и вряд ли эффективны.

Хороший способ обмануть полиграф – ослабить реакции организма. Можно употребить накануне алкоголь, седативные препараты, выпить 10 кружек кофе. Тогда реакции будут вялыми и ложь сложно будет разоблачить. Правда, при серьезных проверках проводят анализ крови на присутствие различных веществ. Так что этот метод работает не всегда.

Отличный способ – не спать несколько дней, устроить голодовку. Тогда организм будет настолько истощен, что реакции будут очень слабы и непригодны для анализа. Но не увлекайтесь! Вы должны быть дееспособны, иначе, если вы близки к отключке, повышается сопротивление кожи. Это заметно, поэтому проверку могут перенести на другую дату.

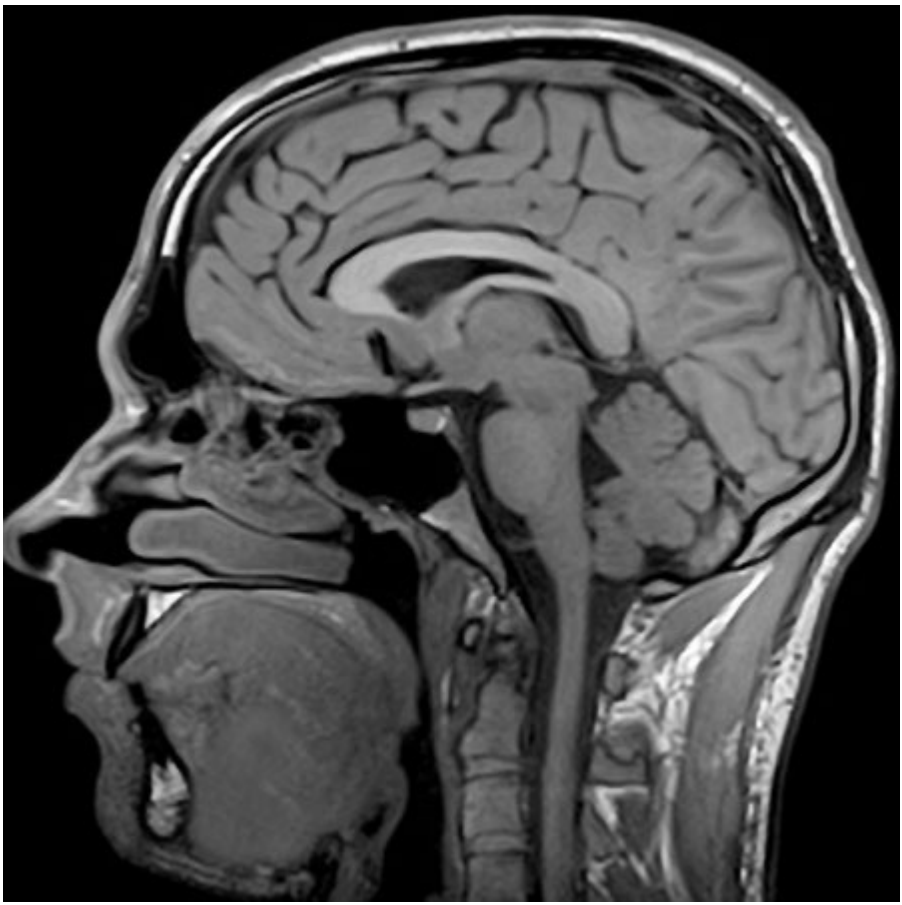
Ну и конечно, самое лучшее – это полное абстрагирование от вопросов и механические ответы на них. Можно сфокусировать внимание на какой-либо детали, например, точке на стене, складывать в уме большие числа. Необходимо минимизировать сравнение в голове вашего ответа с воспоминаниями. Это требует длительной тренировки, но в итоге так можно запутать полиграф. Перед тестированием можно выпить много воды, чтобы сильно хотелось в туалет. Серьезно, тогда вы будете думать явно не о вопросах.

В любом случае знайте: полиграф не читает мысли и не обнаруживает ложь, а всего лишь регистрирует возбуждение организма, которое может быть разным у разных людей. Эффективность полиграфа не доказана на 100 %, и в большинстве стран законодательство не позволяет использовать результат полиграфной проверки как доказательство в суде. Так что полиграф по сей день – прибор ненадежный и может дать ошибку, даже если вы его не обманываете.



7.7. Как работает МРТ?

Современная медицина уже никого не удивляет тем, что может увидеть человека насквозь. Но вы только представьте, сколько различных методов изобретено: УЗИ, рентген, МРТ. Пожалуй, самым совершенным является последний, о нем и поговорим. МРТ позволяет создавать трехмерное изображение внутренностей человека чуть ли не в полный рост, при этом никакого вредного воздействия не оказывает! Так каков его принцип действия?



Принцип действия

Магнитно-резонансный томограф представляет из себя огромный магнит, с очень сильным полем. В самых сильных

моделях оно может быть в 100 000 раз больше магнитного поля Земли! Так вот, ядра наших атомов сами являются маленькими магнитиками (потому что у них есть спин, они как бы вращаются и как бы являются малюсенькими электротоками, ведущими себя, как электромагнит). Соответственно они могут взаимодействовать с внешним магнитным полем и поворачиваются либо вдоль поля, либо против. Следует отметить, что так ведут себя только ядра с нечетным количеством протонов и нейтронов. Но все МРТ настроены на повороты ядер водорода, который содержится в большом количестве в организме в составе воды и других соединений.

Если облучить ядро электромагнитной волной определенной частоты, то оно может поглотить ее энергию и повернуться на 90 или 180 градусов, в зависимости от частоты. Через некоторое время ядро релаксирует в свое исходное состояние и излишек энергии излучает в виде электромагнитной волны. Это излучение принимается антеннами по сути как обычное радио, и если облучать ткани, то по интенсивности «отклика» можно понять, много там ядер водорода или нет. В разных тканях его разное количество, поэтому на изображении отчетливо видна разница между ними.

Но все же это достаточно дорогой и технически сложный способ наблюдения за внутренностями человека. Дело в том, что частота поглощения зависит от поля. Если бы везде поле было одинаковым, то поглощение и излучение происходило бы везде, мы бы не узнали, откуда пришел сигнал, и картинки не получилось бы.

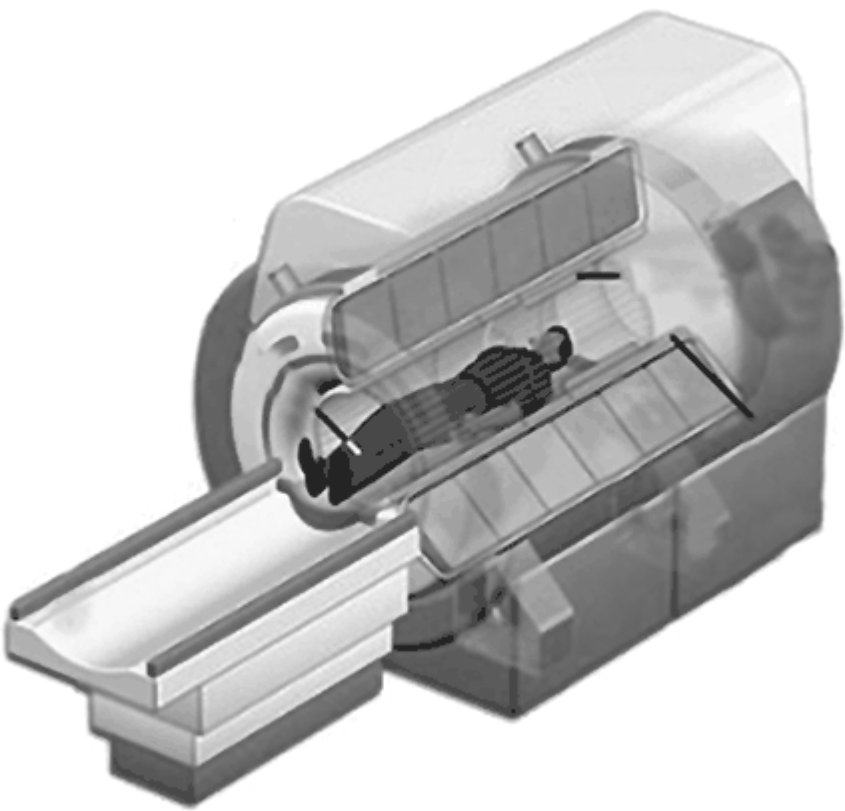
Поэтому на практике делают так. Включают основной магнит, радиоизлучатель и так называемые градиентные поля. Они добавляются или вычитаются из поля основного магнита, делая его неоднородным. Из-за этого резонансное поглощение энергии происходит не везде, а только в маленьком участочке. Оттуда летят радиоволны и уже принимаются антеннами. Изменяя градиентные поля, мы передвигаем место резонанса, как бы сканируя тело, и получаем некий «отклик» из каждой точки тела.

В разных тканях содержится разное количество водорода (в воде и других соединениях), поэтому мы получаем разный отклик и можем восстановить картину внутренних органов. Так же время релаксации тоже различно для разных тканей! Во многих исследованиях измеряют и его, получая очень точную картину.

Байки, мифы, татухи, пирсинг, вред, все такое

Дороговизны МРТ добавляет то, что для создания сильного магнитного поля часто используют электромагнит. И чтобы он не нагревался от огромного тока, по нему проходящего, его погружают в камеру с жидким гелием температурой – 269 градусов. Тогда проводник переходит в сверхпроводящее состояние и не греется, так как у него попросту пропадает сопротивление. Причем камеру с гелием погружают в жидкий азот, а камеру с азотом в вакуумную камеру. Все это – для лучшей теплоизоляции холоднющего гелия. Ведь это одна из холоднейших вещей на земле!

Вреда МРТ никакого не наносит, в отличие от рентгеноскопии, флюорографии, где человек по сути получает дозу радиации. Но все же МРТ противопоказан людям с металлическими, магнитящимися имплантантами, так как они сдвинутся в магнитном поле, что может привести к непоправимым последствиям. Татуировки в большинстве своем не являются противопоказанием, ведь в нынешних красках нет металлических примесей.



Ну и характерный стук МРТ появляется из-за движения

градиентных магнитов, которые с огромной силой ударяются в упоры.

Так что, если вам будут делать МРТ, задумайтесь, что вы окружены жидким гелием, ядра в ваших атомах водорода поворачиваются, и по сути вы сами являетесь радиоизлучателем! И все это позволяет разглядеть вас изнутри!

7.8. На что способны Apple Watch?

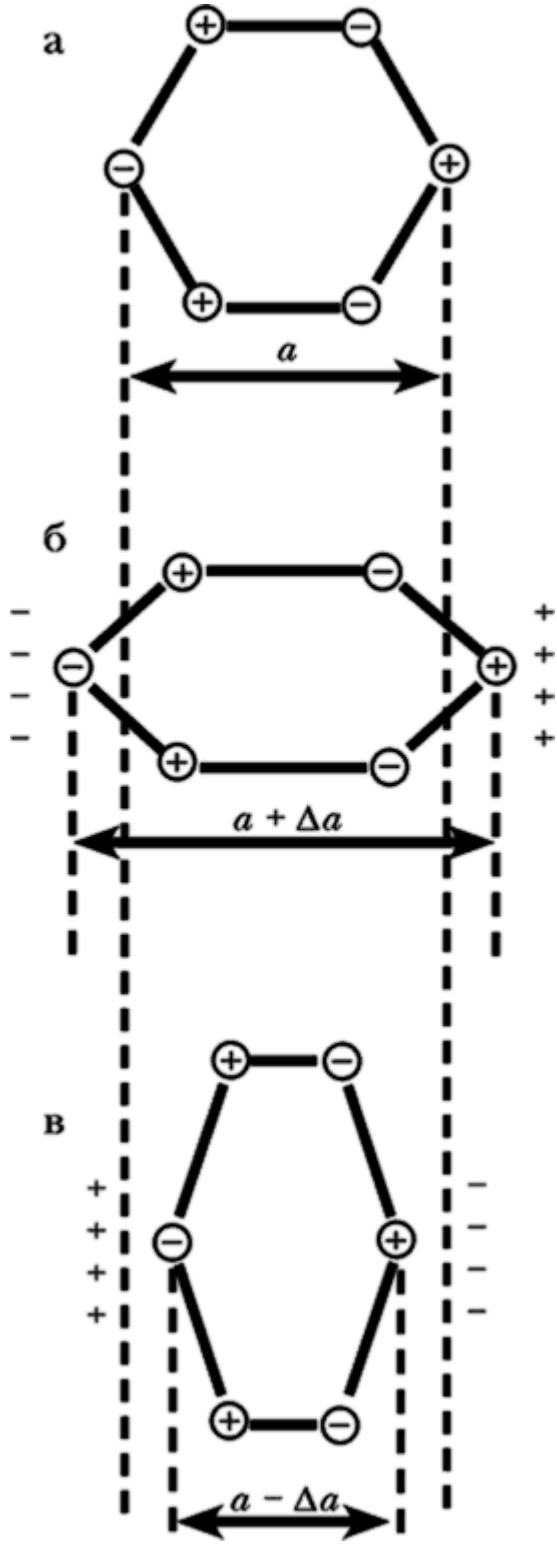
9 сентября 2014 года корпорация Apple презентовала новое устройство. Это часы, которые обладают просто миллиардом функций: они могут измерять пульс, количество пройденных шагов, совершать звонки, оплачивать покупки и многое-многое другое. В основе этих функций лежат просто фантастические технологии и уникальные сенсоры, о которых и пойдет речь.

И первое – это измерение пульса. На самом-то деле пульсометр есть во всех смартфонах. Для этого используется встроенная вспышка, которая просвечивает палец, и камера, которая улавливает малейшее изменение яркости отраженного света, связанное с пульсацией крови в сосудах. Но в представленных часах все немного по-другому. В них используется принцип оксиметрии, который давно применяется во всех медицинских учреждениях. На внутренней поверхности часов располагаются светодиоды, которые излучают в ближнем инфракрасном диапазоне и в очень узком диапазоне видимого света. Инфракрасное излучение человек не видит (однако его может увидеть, например, фотокамера, если мы направим на нее пульт от телевизора).

Принцип действия в точности такой же: фотоэлемент улавливает пульсации отраженного света и рассчитывает пульс. Ну а зачем нужны светодиоды двух типов? Дело в том, что в крови свет отражает гемоглобин, который переносит кислород. Гемоглобин может брать на борт 4 молекулы кислорода или вообще обходиться без него. И в случае с кислородом он отражает больше видимого излучения, меньше инфракрасного. Благодаря двум светодиодам мы можем узнать, какого гемоглобина содержится больше, и тем самым рассчитать процентное содержание кислорода в крови. Так что действительно эти часы поумнее обычных.

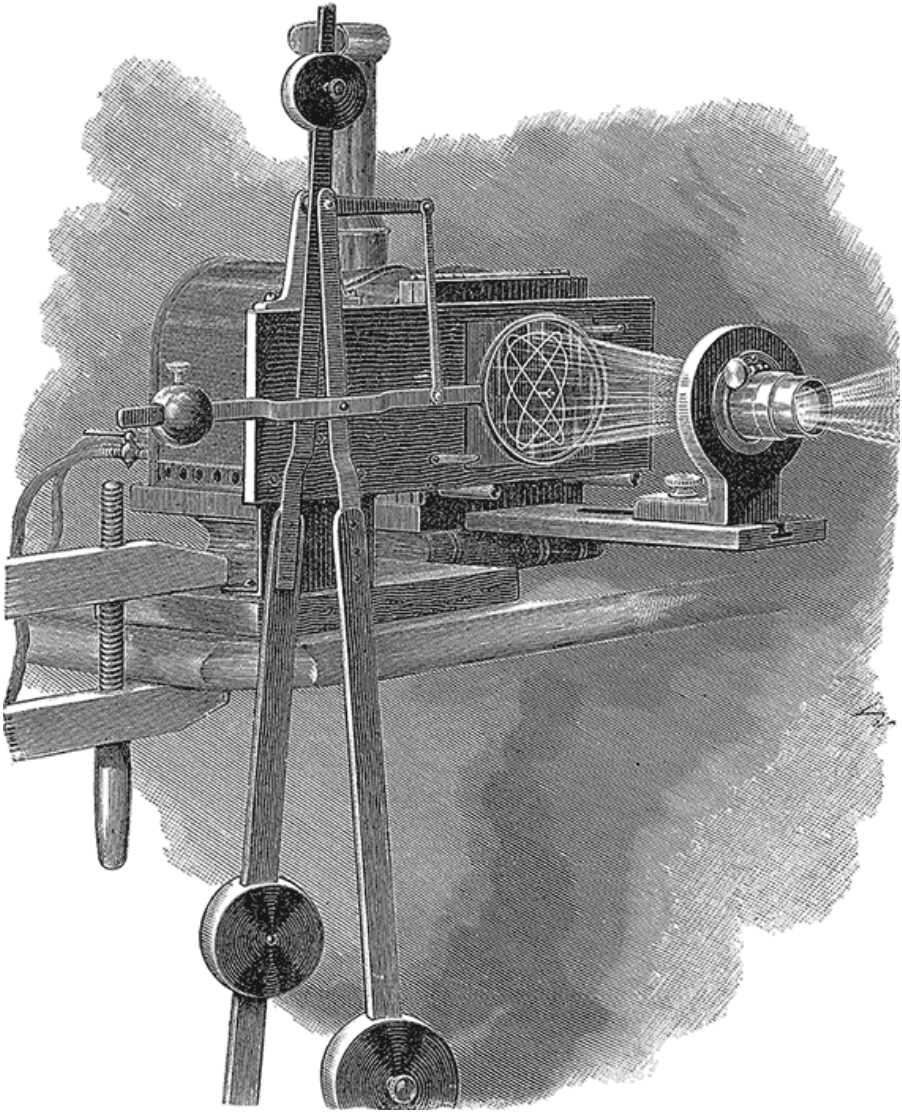
Что же еще? С помощью Apple Watch можно оплачивать покупки простым прикосновением. Это уникальная технология, которая используется в том числе и в домофонах, и в карточках метро. Если разобрать карточку метро, то внутри вы можете обнаружить маленький-маленький чип, окруженный большой спиральной антенной. И эта антенна принимает не только сигнал, но и энергию для того, чтобы этот чип работал. В любом устройстве, которое считывает информацию с карточки, есть похожая спираль, внутри которой протекает переменный электрический ток. Он создает вокруг себя переменное магнитное поле.

И под действием этого магнитного поля электроны в карточке тоже начинают двигаться, тем самым создавая электрический ток, необходимый для питания устройства. Это не что иное, как электромагнитная индукция. В смартфонах эта технология называется NFC, и благодаря ей можно узнать, например, количество поездок, просто приложив карточку. Но это пока работает только на «Андроиде».

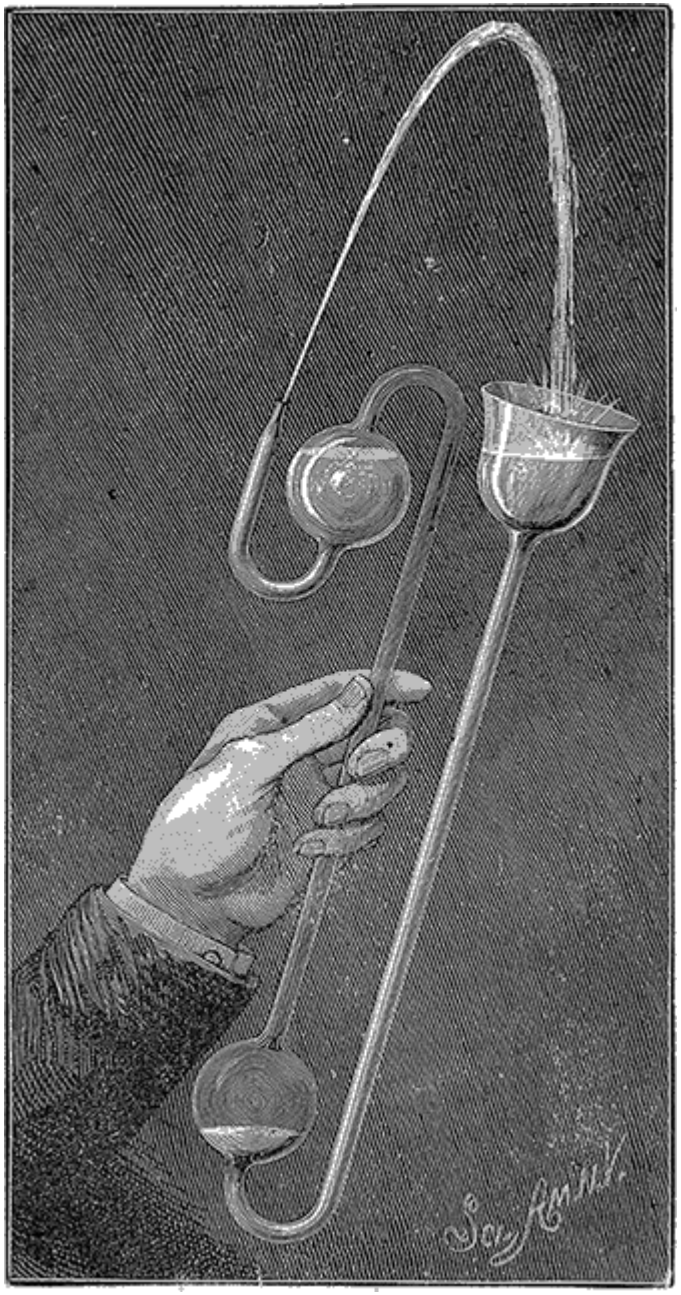

а
a
б
a + Δa
в
a − Δa

Также с помощью Apple Watch можно измерять количество пройденных шагов, благодаря встроенному акселерометру. Вообразите, что у вас в руке пружинка с грузиком. Когда вы идете, грузик совершает небольшие движения в такт вашим шагам. В точности такая же штука есть в любом смартфоне. Но самое интересное – то, как это движение преобразуется в полезные электрические сигналы. Это можно сделать двумя способами. Первый способ: прикрепить к грузу конденсатор – две пластины с заряженными противоположными знаками. Между ними возникает электрическое поле. И при изменении расстояния напряжение между пластинами меняется. Это производит к изменению электрического тока, которое считывает процессор, и таким образом он распознает шаги. Второй способ – это использовать пьезоэффект. Мы можем присоединить к нашему грузу диэлектрик с асимметричной кристаллической решеткой. Тогда при его сжатии или растяжении с одной стороны будут выпирать положительные заряды, а с другой стороны – отрицательные. Это приведет к возникновению напряжения между сторонами диэлектрика, которое сможет обрабатывать процессор и отсчитывать каждый шаг.

Конечно же, в Apple Watch еще море технологий, о которых можно долго рассказывать. Но самое главное, конечно, – эти часы показывают время.



8. Удивительные штучки



8.1. Как сделать реальный джедайский меч?

Киноэпопея «Звездные войны» существует уже 39 лет. И за семь фильмов, это 15 с половиной часов суммарного времени, нигде, никем не сказано, как работают эти гребаные джедайские мечи! Не, ну конечно, в интернете полно домыслов и предположений, мол, божественная сила, фокусирующий энергию кристалл в рукоятке, энергетические поля, направляемые неведомой силой, и прочие… сказочки.

Выдумки выдумками, но согласитесь, хочется же собрать такой меч в реальности? Как же это сделать?

Самое интересное то, что световой меч состоит не из света. И правда, если бы из рукоятки выходил световой луч, он был бы бесконечен. К тому же световой луч не виден сбоку, его можно увидеть только в торец! Ну, или когда он рассеивается на мелких пылинках или тумане. Реально, попробуйте увидеть луч лазерной указки. Вряд ли получится.

Джедайские мечи все-таки светятся, их видно даже в вакууме, к тому же они имеют ограниченные размеры, так что, как ни странно, использовать именно свет не получится.

Поэтому фанаты предлагают другую технологию – использование плазмы. Плазма – это уже осязаемое вещество, а точнее, его особое состояние. Частицы, из которых состоит плазма, не нейтральны, а электрически заряжены (положительно или отрицательно). Плазма имеет высокую температуру, и в ней выделяется много энергии в виде света! Так что для создания джедайского меча она нам отлично подходит.

Самое классное, что сделать плазму нетрудно. Нужно всего лишь подать нужное напряжение на пару электродов, при этом происходит пробой газа между ними, то есть электрическое поле вырывает электроны из атомов, тем самым образуя месиво из положительных и отрицательных частиц. Это и есть плазма, плазменная дуга. Раз она состоит из зарядов, то хорошо проводит электричество. И плазма – это не диковинка, она встречается нам повсюду: в лампах дневного света, неоновых огнях рекламы, в пикселях плазменных экранов, на производстве в сварочных аппаратах…

Но на этом хорошие новости заканчиваются. Дело в том, что размеры дуги в современной технике оставляют желать лучшего. К тому же она обязательно должна заканчиваться на электродах. Поэтому, чтобы придать ей форму клинка,

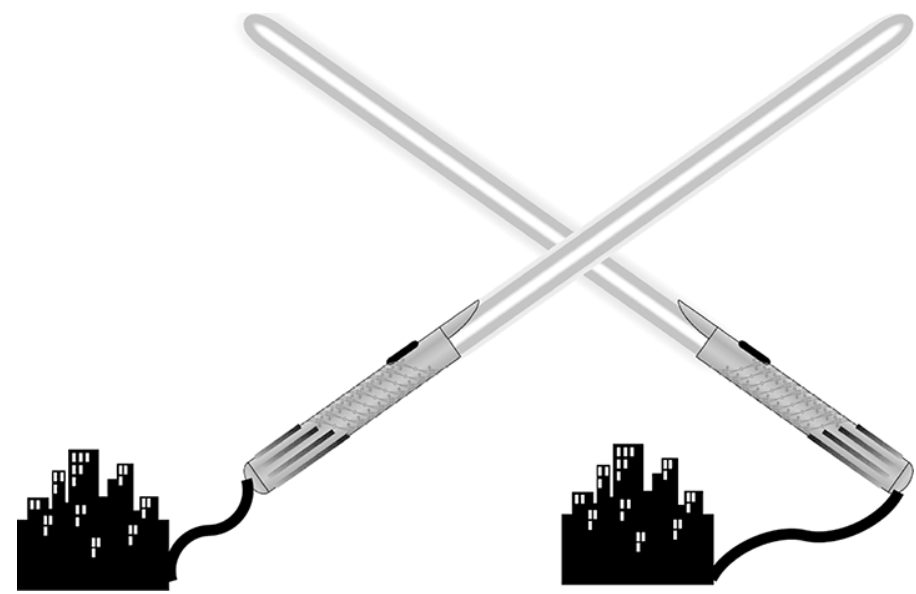
необходимо ее каким-то хитрым образом загнуть. Как это сделать?

На форму плазменной дуги можно повлиять с помощью электрических и магнитных полей, ведь она состоит из плюсов и минусов. Именно это делают в огромных установках по термоядерному синтезу, где удерживают высокотемпературную плазму вдалеке от стенок камеры, иначе она бы их мгновенно расплавила.

Ну допустим, мы все-таки создадим такую плазменную дугу, такое магнитное поле, которое удерживало бы ее в стабильной форме, да так, чтобы она еще не разлеталась каплями. Но тогда на это потребуется просто неимоверное количество энергии! Правда, таких батареек, размером с рукоятку, пока не изобрели, так что заставить меч работать можно, только подключив его толстенными ка́белями к настоящей электростанции!

Например, в первом эпизоде показано, как световой меч разрезает стальную дверь. Для такого трюка мощность меча должна быть порядка 20 МВт! Такую мощность может потреблять целый район города!

И вы только представьте, какая температура должна быть при такой мощности (около 20000 °C)! После включения меч сразу спалит все вокруг!

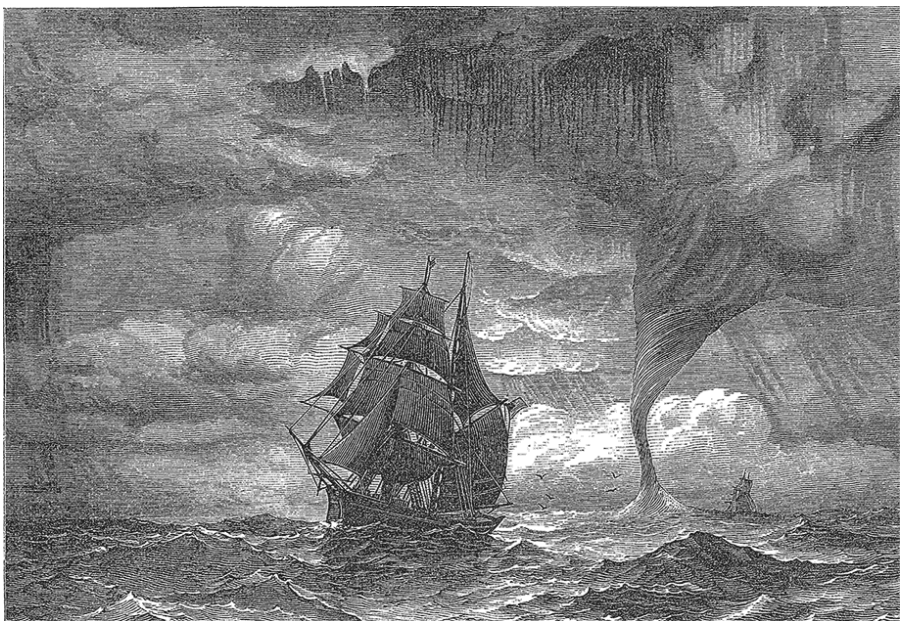


Нужно понимать, что при ударах друг о друга мечи, если они целиком из плазмы, будут проходить насквозь! То есть для реального боя нужен какой-то твердый сердечник, который не плавится. Таких тугоплавких материалов еще не изобретено

(самый тугоплавкий 4215 °C), вся надежда на будущее. Ну и конечно, сердечник должен быть телескопическим и при выключении быстренько полностью прятаться в рукоятке.

Кстати, вот еще что интересно. Огонь – это не что иное, как низкотемпературная плазма. Попробуйте зажечь спичку и посмотрите на тень от нее. Пламя тени отбрасывать не будет. То есть плазма беспрепятственно пропускает свет от внешних источников и тени не дает. Но в фильмах то тут, то там видна пресловутая тень… Какие-то уж совсем странные законы физики в этой вселенной звездных войн! А может, это тень от твердого сердечника?

Несмотря на то, что световые мечи – это фантазия, нельзя отрицать, что рано или поздно технологии позволят создать их. Фантастика сильно влияет на ученых, ведь в чем-то наука может реализовать их мечты! И много устройств, описанных писателями-фантастами в прошлом, уже есть в наши дни (скайп, мобильник, огромные плазменные панели и т. д.). Вполне может быть, такая участь уготована и световым мечам.



8.2. Можно ли путешествовать во времени?

21 октября 2015 года Марти Макфлай и профессор Эмметт фон Браун прибыли на машине времени из прошлого, что показано в культовом фильме «Назад в будущее 2». Если где и существует городок Хилл-Вэлли, его жители в этот день, наверное, с нетерпением ждали чуда.

Всегда и везде путешествия во времени будоражат нашу фантазию. «Терминатор», «Иван Васильевич», «Назад в будущее» – сколько фантастики было придумано на эту тему, просто не счесть! Это, конечно же, выдумки, такое невозможно. Или… может быть, все-таки есть реальные способы путешествовать во времени? Представляете, действительно есть! Рассмотрим три простых способа путешествовать во времени.

Ничего не делать

И самый простой – ничего не делать! Серьезно, даже если вы просто сидите и смотрите кино, вы уже перемещаетесь во времени. Каждую минуту вы удаляетесь от самого себя предыдущего на одну минуту. Обидно то, что повлиять на это перемещение мы не можем. Да и абсолютно все участвуют в таком перемещении, абсолютно одинаково. А ведь хочется перемещаться во времени относительно других, правда ведь?

Скорость

В таком случае нам помогут ноги! Согласно теории относительности, для движущихся тел время протекает медленнее относительно покоящихся тел. Допустим, если вы встанете, пройдете на кухню, нальете себе чаю и вернетесь обратно, то пройдете… ну, метров 15. В таком случае вы переместитесь во времени в будущее на 0,00000000000000000001 секунды! Серьезно, если сверить часы, оставленные в комнате, с часами на вашей руке, то они будут отставать на вот это время. Получается, что для вас ваша прогулка занимала меньше времени, чем для всех остальных неподвижных предметов и наблюдателей. И если для вас прошло одно время, а для всех остальных больше времени, можно сказать, что вы словно перепрыгнули в будущее.

Вот такой хитрый маневр.

С увеличением скорости этот эффект растет, но на доступных нам скоростях все равно остается крайне слаб. На Земле таким образом больше всех путешествовал во времени космонавт Геннадий Иванович Падалка. Он пробыл на орбите 878 суток, двигаясь со скоростью 27000 км/ч. В итоге время у него отстает на 0,02 секунды относительно нашего. То есть он словно перескочил на 0,02 секунды в будущее.

Но если гипотетически разогнаться до очень огромной скорости, например, 299999 км/с, а это 99,9 % скорости света, то время замедлится в 100 раз. Значит, если вы будете двигаться с такой скоростью одну минуту, то словно попадете в машину времени. А когда выйдете из нее, для всех остальных пройдет 100 минут. Вы переместились в будущее более чем на 1,5 часа всего за 1 минуту. Профит! Другой вопрос, как разогнаться до такой скорости? Вот это непонятно.

Гравитация

Есть еще один способ переместиться в будущее – с помощью гравитации. Согласно ОТО, в областях с сильной гравитацией время протекает медленней относительно областей со слабой гравитацией. То есть часы на первом этаже идут всегда медленней, чем на последнем, ведь там гравитация чуточку слабее. Кстати, по этой же причине наши ноги будут всегда моложе, чем голова (ну, если только вы всю жизнь не ходили на голове).

Эффект этот, конечно, слабенький, но благодаря ему также можно путешествовать в будущее. Ложитесь на пол, где гравитация чуть сильнее. Полежите пару часов, и когда подниметесь, перед вами будет удивительный мир будущего через 0,000000000027 секунды!

Гравитация сильна вокруг нейтронных звезд и черных дыр. Вот уж там действительно: прилег на пару минут – и весь день прошел. Да, там обоснованием этому обстоятельству будет реально доказанный физический факт, а не ваша лень!

Кротовые норы

Но можно ли путешествовать в прошлое? Ну или в будущее, но не столь ущербными способами? Пока есть только гипотезы по этому поводу. Работая с уравнениями общей теории относительности, физики находили решения, в которых возможно

путешествие назад, в прошлое. Это и поверхность бесконечного вращающегося цилиндра, и временные петли во вращающейся вселенной, и столкновение двух космических струн, оставшихся после большого взрыва. Но самой правдоподобной машиной времени кажется путешествие через кротовые дыры. Согласно той же ОТО, пространство-время может быть искривленным. То есть если мы каким-то суперзрением увидим каркас вселенной, то он не будет строго ровным. В космосе находятся массивные тела, гравитация искривляет его. Вполне может быть, что это искривление окажется настолько сильным, что две далекие точки пространства-времени соединятся неким туннелем, который и называют кротовой норой. Пролетев через нее, мы сможем очутиться либо в другом месте вселенной, либо в другом моменте времени, либо и то и другое.

Парадоксы

С путешествиями в прошлое могут возникнуть проблемы, связанные с появлением парадоксов. Например, парадокс дедушки. Что, если переместившись в прошлое, вы, не дай Бог, убьете своего деда? Тогда ваши родители не родятся, не родитесь и вы. Значит, вы не должны были переместиться в прошлое и никто вашего деда не убивал! Или другой пример. Вы купили бургер в «Макдоналдсе», переместились в прошлое, угостили им основателя «Макдоналдса», бургер ему не понравился и он не основал «Макдоналдс». Но значит, и бургер вы не покупали, и не угощали того человека, и он не основал «Макдоналдс».

Но все же все возникающие парадоксы можно обойти, их можно легко лишить парадоксальности с помощью нынешних законов физики. Например, парадокс дедушки легко обойти с помощью понятия мультивселенной. Когда вы перемещаетесь в прошлое, вселенная раздваивается. Существует версия, где ваш дед жив, оттуда вы пришли, и где мертв. Там вы сейчас. Если вы переместитесь обратно в будущее, то в будущем останетесь убийцей своего деда. Честно говоря, ученым не удалось найти законы, запрещающие путешествия во времени.

Правда, есть куча препятствий на пути путешественников во времени через кротовую нору. Например, согласно уравнениям, как только вы попытаетесь проникнуть в нее, она будет схлопываться. Чтобы это предотвратить, необходима экзотическая материя, обладающая отрицательной энергией. Ее существование под большим вопросом, поэтому хоть «кротовонорная» машина времени и является логически

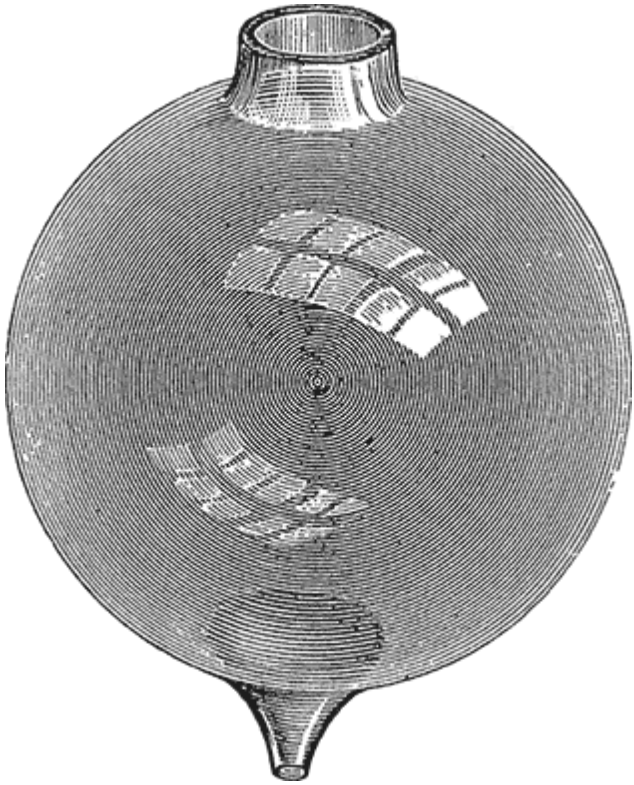
противоречивой, о ее реальном существовании стоит говорить с опаской.

Как увидеть прошлое?

Может ли кто-то увидеть наше прошлое? Конечно, да! С тех пор, как люди изобрели радио, непрерывно идет трансляция звука, изображения. Часть этого сигнала навсегда уходит в космос. Радиоволны движутся со скоростью света, поэтому вокруг Земли уже существует шар радиусом более 100 световых лет, на краю которого самые первые радиоволны, испущенные людьми. Продвигаясь в глубь этого шара, мы найдем волны сообщения Левитана об окончании войны, позывные «Кедр, я Сосна», «Хьюстон, у нас проблемы», все анекдоты от Трахтенберга и новость об открытии бозона Хиггса. Они будут крайне слабы и, возможно, будут смешиваться с фоном. Но вдруг какая-то цивилизация уже смогла поймать сигнал и уже смотрит самые первые серии «Санта-Барбары»?

Да и в целом, свет от далеких звезд идет к нам сотни, тысячи лет. Поэтому мы видим их прошлое, а они наше.

Путешествовать в будущее, как оказывается, хоть и сложно, но можно. Нельзя отрицать, что и путешествия в прошлое возможны. Понять их принцип мы сможем, когда нам удастся согласовать нынешние научные теории, описывающие гравитацию и квантовые частицы.



8.3. Как стать невидимым?

Ну кто не мечтал стать невидимым, как Гарри Поттер или Фродо? Эх, сказки, выдумки… Но знаете, современная наука не отрицает, что это возможно. И правда, невидимкой стать вполне реально, только вот как?

Испариться

Пожалуй, самый простой способ – это испариться. Серьезно! Газ обычно разрежен, расстояние между молекулами в нем огромное, поэтому частицы света проходят сквозь него практически беспрепятственно. Конечно, вряд ли человек перенесет такую трансформацию, да и собрать обратно его будет практически нереально. Но если вы хотите, например, спрятать от жены заначку, просто расплавьте ее, а потом испарите. Точно не найдет!

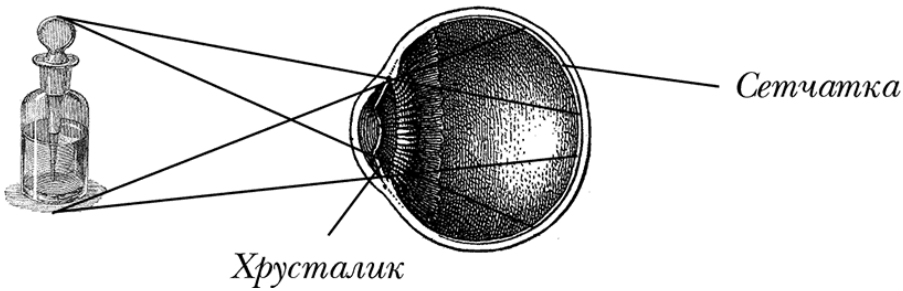
Коэффициент преломления

Но все же хочется остаться живым, когда станешь невидимкой. Тут есть проблема. Если каким-то чудесным образом ваше тело станет невидимым, то вы сами ничего не сможете видеть!

Чтобы быть невидимкой, недостаточно быть прозрачным, как стекло. Ведь в таком случае свет преломляется, проходя сквозь вас, и ваш силуэт можно различить. Для полной невидимости нужно, чтобы коэффициент преломления вашего тела равнялся коэффициенту преломления воздуха, то есть единице. Посмотрите, то же самое происходит с шариками гидрогеля. Коэффициенты преломления воды и гидрогеля практически равны. Погрузите шарики в воду, и видно их совсем не будет, ведь свет не преломляется!

И вот тут главная загвоздка. Одна из основных деталей глаза, хрусталик, представляет собой линзу, которая преломляет свет. Если этого преломления не будет, то на сетчатке не будет фокусироваться четкое изображение и мы ничего не увидим! Как Фродо видел, будучи сам невидимым, непонятно! Но там не только к этому есть вопросы…

ГЛАЗ ЧЕЛОВЕКА



Стелс

Но ведь есть уже самолеты-невидимки. Может, уже давно все изобретено?

Дело в том, что невидимость – относительная штука. Это когда через тело словно насквозь проходит свет. А ведь свет – это один из видов электромагнитных волн. Но есть и другие – радиоволны, инфракрасные, микроволны. Радары, обнаруживающие самолеты, используют невидимые микроволны. Они словно огромным прожектором невидимого света освещают все вокруг в надежде, что эти волны отразятся от самолета и вернутся на приемное устройство.

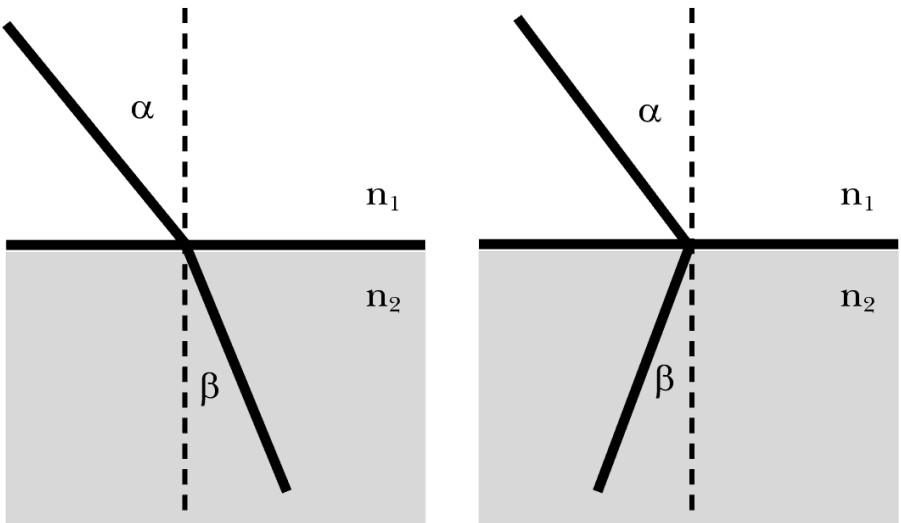
Самолеты стелс как раз сделаны так, чтобы как можно меньше микроволн отражалось от них в обратном направлении или поглощалось. Для этого очертаниям самолета придают особую форму, используют радиопоглощающие материалы и так далее. Тогда для микроволн они и правда оказываются невидимыми, но в обычном свете их видно еще как! Так что от наших глазастых пилотов они не скроются.

Метаматериалы

И все же, можно ли создать плащ-невидимку для оптического диапазона? Теоретически – да!

В плаще-невидимке свет огибает наше тело и выходит от нас в том же направлении. При этом сначала лучи нужно преломить в одном направлении, чтобы они огибали тело. Потом в другом направлении, чтобы они сомкнулись за телом. Для такого фокуса недостаточно обычных материалов. Нужны так называемые метаматериалы.

Это такие вещества, у которых свойства зависят больше не от атомов, из которых они состоят, а от структур, которые они образуют. Можно сказать, что если обычный материал – это фарш, то метаматериал – это груда тефтелек, сделанных из этого фарша. Одно из необычных свойств метаматериалов – отрицательный показатель преломления. Посмотрите, как происходит преломление в обычных веществах. Луч искривляется, но никогда не пересекает перпендикуляр к поверхности. Но в метаматериалах преломление происходит словно наоборот, круто меняя ход луча. С помощью таких приемов можно создать плащ-невидимку. Правда, это будет не мягкая ткань, а твердый объект. Правильнее будет назвать его кокон-невидимка.



Сложность заключается в том, что размеры структур в метаматериале должны быть меньше длины волны света. Сейчас уже созданы образцы метаматериалов, невидимых для ИК-излучения. Но у оптического диапазона длина волны в сотни раз меньше, и структуры метаматериала должны быть размером с атом. Это уже очень сложные нанотехнологии, и пока техника до такого не дошла.

Но самое смешное то, что в таком супермега-технологичном устройстве будущего дырки для глаз все равно будет видно.

Голограммы

И еще один способ. Согласитесь, довольно просто

спроецировать на человека то, что находится за ним. Уже существуют прототипы таких устройств. Но проблема в том, что стоит нам немного изменить точку зрения – и сразу произойдет сдвиг картинки и обман будет раскрыт!

Другое дело, если снимать голограмму и проецировать сразу трехмерную картинку. Тогда и изменение точки просмотра не будет сказываться. Но и здесь есть проблема. Во-первых, запись настоящей цветной голограммы происходит шестью пучками лазеров. Во-вторых, масштабировать голограмму как обычную фотографию нельзя. Ее размеры всегда будут равны размеру матрицы. И если с лазерами еще хоть как-то можно разобраться, то такую огромную матрицу размером с человека мы вряд ли увидим в ближайшее время.

Многие желают овладеть технологиями невидимости – военные, спецслужбы, грабители. И только представьте, если эта технология попадет в плохие руки. Даже добродушные хоббиты не в силах устоять перед искушением брать чужое и убивать безнаказанно. Что уж говорить о людях! Так что, когда мы говорим о невидимости, может, стоит задуматься: а оно нам надо?

8.4. Вся правда о телепортации

Только представьте – конец рабочего или учебного дня. Вы очень устали, вы допиваете остывший кофе, силы на исходе, мысли только о том, как быстрее добраться до кровати. И тут – бац! Вы телепортируетесь к себе домой, остается только пижаму надеть. Все, никаких автобусов, метро, пробок. Интересно, такой сценарий так и останется в наших мечтах или все-таки есть надежда на реализацию мгновенного перемещения?

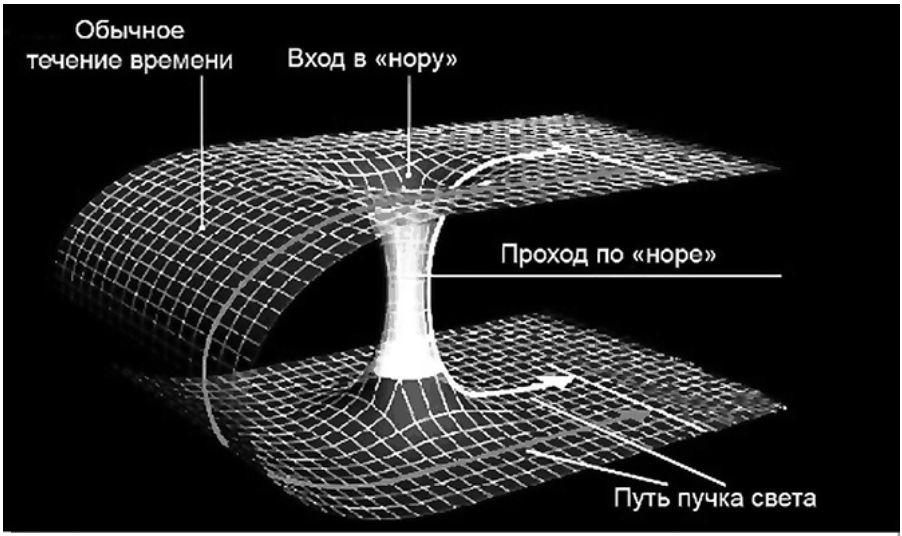
Планковская длина

Оказывается, если глубоко копнуть, то телепортация все-таки вполне реальна. Согласно современным представлениям, существует минимально возможная длина в природе. Это планковская длина. Она равняется $1{,}6 \cdot 10^{35}$ метра. То есть можно считать, что все пространство разделено на ячейки, как бы пиксели, размеры которых соответствуют планковской длине. И если объект движется, он как бы мгновенно перескакивает из одной ячейки в другую. Чем не телепортация? Это словно движение картинки на мониторе. Точки перескакивают из пикселя в пиксель мгновенно, при этом, если пиксели очень маленькие, создается иллюзия плавного движения. Так же и в жизни, только размеры пикселей намного меньше. Теоретически получается, мы постоянно телепортируемся, правда, не очень далеко.

Но это не совсем то, чего мы хотели. А именно – мгновенно перемещаться на большие расстояния. Пока практических способов реализации этого желания не найдено. Но есть гипотетические.

Кротовые норы

Общая теория относительности предполагает, что пространство-время может иметь определенную кривизну. При этом, возможно, оно может искривляться настолько, что создаются определенные туннели между двумя удаленными точками пространства-времени, так называемые кротовые норы. Пролетев через такую нору, мы за мгновение ока перенесемся в другую точку вселенной.



• *С помощью «кротовой норы» можно преодолевать тысячи километров за считанные секунды*

Проблема в том, что таких объектов не обнаружено. И в горловине этой норы предполагается наличие экзотической материи, которая обладает свойством антигравитации – массивные тела там не притягиваются, а отталкиваются.

Очень скоростное движение

Хотя знаете, можно очень сильно схитрить: разогнать вас до околосветовой скорости (0,999999999999999999 с). Вы будете лететь почти со скоростью света, например, 1000 лет и преодолеете 9,46 эксаметров!!! (это 9,46 × 10^{15} км, 9,46 миллионов миллиардов километров). Но фишка в том, что относительно всего остального время у вас очень сильно замедлится и вы будете считать, что прошло всего 2 секунды! Ну чем вам не телепортация? Вы даже нос почесать не успеете. Правда, все ваши друзья и родственники уже вряд ли доживут до встречи с вами, но уж вот такая участь суперпутешественников.

Квантовая телепортация

Но все-таки это все не то. Действительно, людям пока не удалось найти способа, как мгновенно перемещать вещество, и пока никаких надежд нет. Но уже хорошо исследована

квантовая телепортация, в которой передаются – не физические объекты, ни в коем случае, а состояние квантового объекта.

Представьте, что у нас есть фотон. Он обладает спином, то есть, образно говоря, вращается. И при движении он может вращаться либо по часовой стрелке, либо против. Но мы точно не можем знать, в каком состоянии он находится. Речь о том, что при измерении у нас есть какая-то вероятность обнаружить его в одном состоянии и какая-то вероятность обнаружить в другом. То есть до измерения он находится в нескольких состояниях одновременно, как кот Шредингера. Мы можем закодировать в состояния фотона какую-либо информацию и передавать ее на расстояние.

Но принципы квантовой механики не позволяют произвести измерение, поглядеть на фотон и передать информацию о том, как он выглядит. Грубо говоря, чтобы полностью передать такое неопределенное, двойственное состояние, и нужна квантовая телепортация.

Представим, что мы передаем состояние фотона из Москвы во Владивосток. Где-то между ними мы испускаем пару так называемых запутанных фотонов. У них у каждого по-прежнему такое неопределенное состояние, но если мы проведем измерение над одним из них и нам выпадет какое-то состояние, то мгновенно станет известно, какое состояние у другого фотона. То есть если один крутится по часовой стрелке, то другой – против часовой, и наоборот. Как будто между ними есть какой-то канал связи, по которому информация передается мгновенно на огромные расстояния и происходит что-то типа: «Эй напарник, меня рассекретили! Раскрывайся тоже, только в противоположном состоянии!»

Так вот. Когда один из фотонов прилетает в Москву, он как бы взаимодействует с фотоном, который у нас был. В этот момент мы проводим измерение, и при этом неопределенное состояние обоих фотонов разрушается. Зато во Владивостоке просто молниеносно фотон приобретает такое же состояние, что и московский. Остается только обычными средствами связи со скоростью света передать информацию, полученную при измерении, провести определенные манипуляции – и вуаля! Мы словно скопировали фотон, который был в Москве. Ну а точнее, его неопределенное, двойственное состояние.

Как видите, квантовая телепортация проходит в два этапа: первый мгновенный, второй все-таки со скоростью света. Человека так передать пока не удастся, только состояния микрочастиц. Ну и что касается применения, то это очень удобно использовать для защищенных каналов связи. Ведь как только

на линии начинается прослушка, запутанное состояние разрушается и сразу можно понять, что за каналом следят. Так же такие структуры удобно использовать для создания квантового компьютера, ведь в одной ячейке памяти может храниться сразу несколько состояний, несколько значений. Будем надеяться, что работающий квантовый компьютер уже не за горами.

Что нас ожидает в будущем? Насчет телепортации реальных предметов ничего невозможно сказать, пока это противоречит основным физическим теориям. Но все может поменяться.

8.5. Какова масса мысли?

Давайте рассчитаем массу не одной человеческой мысли (ведь они разные бывают), а массу мыслей, произведенных, например, за минуту.

В спокойном состоянии мозг потребляет около 0,1 ккал в минуту. В моменты активной умственной деятельности энергопотребление мозга может возрастать более чем в 15 раз! В системе СИ это будет 6276 Дж. Эта энергия берется из химических реакций при расщеплении питательных веществ $АДФ + H_2O \rightarrow АМФ + PзPO_4 + E$.

Самое интересное то, что при реакции немного меняется суммарная масса реагентов – она чуть уменьшается! Это изменение массы связано с полученной энергией знаменитой формулой $E = mc^2$. Так что можно считать, что именно эта масса переходит в энергию, благодаря которой появляются наши мысли. Расчеты дают массу наших мыслей за минуту около 7×10^{-11} грамм. Даже если вы всю жизнь, ну лет 80, будете только напряженно думать, масса ваших мыслей будет около 0,0029 грамма! Только представьте, все ваши переживания, бессонные ночи, потуги на экзамене, нелепые отмазки, вся ваша жизнь – явно меньше этой цифры.

И кстати, можно ли похудеть, занимаясь умственным трудом? Ведь он тратит так много калорий! Можно. Только для этого нужно натренировать свой мозг, чтобы он длительное время мог работать в усиленном режиме, а не выключался уже через несколько минут.

8.6. Параллельные вселенные

Существуют ли параллельные вселенные, альтернативные реальности?

Трудно сказать, кто чаще использует термин параллельные вселенные – писатели-фантасты или все-таки физики? В литературе этим приемом пользуются еще с конца XIX века, но популярность он приобрел в 1957 году, когда Хью Эверетт представил миру многомировую интерпретацию квантовой механики. Фантасты быстро подхватили идею множества вселенных, но как же все-таки наука понимает эту концепцию?

Так называемая многомировая интерпретация возникла в попытках объяснить механизм коллапса волновой функции. Что же это? Дело вот в чем. Мы привыкли к тому, что обычные объекты имеют конкретное местоположение, конкретное состояние. Например, представьте, что вы пират, у вас одна рука и эта ваша рука на груди вашей девушки. Она может быть либо на левой, либо на правой, и никак по-другому. Но если бы вы были квантовым объектом, ваша рука могла бы находиться на обеих грудях одновременно!

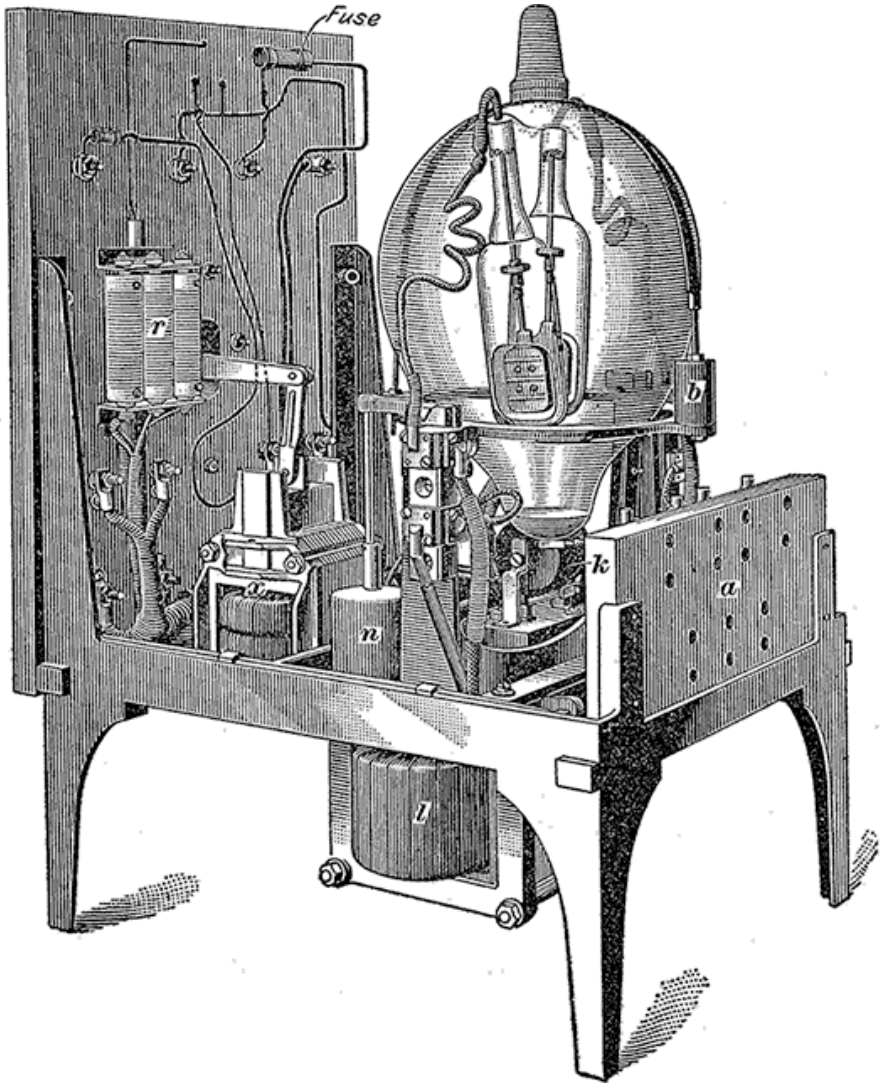
Но не будем отвлекаться, лучше представим электрон, находящийся в таком непонятном состоянии. Пока мы не производим с ним никаких действий, он и будет в нем находиться. Но когда мы захотим конкретизировать, а где именно находится электрон (например, пытаться сбить его другим электроном), то в этих попытках мы будем обнаруживать электрон либо в положении А, либо в положении Б. То есть в какой-то момент электрон становится обычным объектом, не квантовым. Перепрыгивает, например, в А, значит, в Б его уже нет. И в этом есть небольшая проблема квантовой механики, ведь сначала электрон описывается одной функцией, а потом скачкообразно, молниеносно – другой. Это и есть коллапс волновой функции. Но мгновенных скачков величин в реальности вроде не должно быть?

Многомировая интерпретация пытается разрешить это противоречие. Согласно этой концепции, электрон по-прежнему продолжает существовать в А и Б одновременно. Просто это происходит в двух реальностях, двух параллельных возможностях. Мы, как наблюдатель, оказались в одной из реальностей, но никак не можем повлиять или перейти в другую, именно поэтому их и называют параллельными, в силу их непересечения, независимости. Да, у нас есть двойник, который увидел электрон в совсем другом месте. Причем этот

двойник может потом забить на эксперимент, бросить все, вложить деньги в какой-нибудь стартап и стать успешным и знаменитым. А другой двойник сделает то же самое, но прогорит. Вариантов развития событий бессчетное множество, все они в равной степени реальны, однако из всего ветвящегося списка мы воспринимаем только один, свой вариант.

Многомировая интерпретация не утверждает, что существует много вселенных. Вселенная одна, просто в ней не существует объектов с конкретным месторасположением. Все объекты в ней являются квантовыми и находятся сразу в нескольких состояниях одновременно. Это рассмотрение позволяет снять вопрос о том, когда квантовые объекты становятся обычными. Да никогда, просто нам так кажется! Представьте себя на месте электрона. Он сидит себе спокойно, например, в А, и даже не думает, что кто-то со стороны размышляет о нем, что он находится либо в А, либо в Б. Так же и мы. Даже не подозреваем, что есть и другие версии нас, которые могут быть видны извне. Другое дело, что версии независимы друг от друга, перемещаться между ними мы не можем, как и уверенно доказать их существование. Пока это только лишь теория, которая нужна для более легкого понимания крайне сложных и обескураживающих выводов квантовой механики.

В любом случае, вселенная одна. Просто она устроена намного сложнее, чем нам кажется, она как бы многослойная, и содержит в себе всевозможные варианты развития всех событий. Но можно говорить, что есть альтернативные реальности, однако скорее это больше математическая уловка для понимания происходящих явлений. Ведь попасть в другую реальность мы никак не можем.


Fuse
r
b
k
a
n
l